

**LES ASPECTS DE SANTÉ PUBLIQUE ET LA CONTAMINATION
DE L'EAU DE CONSOMMATION PAR LES TRIAZINES
UTILISÉES POUR LA CULTURE DU MAÏS
DANS LE BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE YAMASKA**

par

Julie Clément

mémoire présenté à la Faculté des sciences en vue
de l'obtention du grade de maître en environnement (M.Env.)

**FACULTÉ DES SCIENCES
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE**

Sherbrooke, Québec, Canada, février 2000



National Library
of Canada

Acquisitions and
Bibliographic Services

395 Wellington Street
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Bibliothèque nationale
du Canada

Acquisitions et
services bibliographiques

395, rue Wellington
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Your file Votre référence

Our file Notre référence

The author has granted a non-exclusive licence allowing the National Library of Canada to reproduce, loan, distribute or sell copies of this thesis in microform, paper or electronic formats.

The author retains ownership of the copyright in this thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque nationale du Canada de reproduire, prêter, distribuer ou vendre des copies de cette thèse sous la forme de microfiche/film, de reproduction sur papier ou sur format électronique.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur qui protège cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

0-612-56882-2

Canada

Le 31 janvier 2000 , le jury suivant a accepté ce mémoire dans sa version finale.
date

Président-rapporteur: M. Jean-Marie Bergeron
Département de biologie

Membre: M. Gilles Grenier
Département de biologie

Membre: M. Claude Tremblay
Régie régionale de la santé publique

Membre: M. Louis Jacques
Régie régionale de la santé publique

À la mémoire de ma grand-mère Jeanne Sylvestre
1920-1997

SOMMAIRE

Au Québec, l'agriculture se pratique sur 2 millions d'hectares et près de 20% de cette surface est occupée par une plante, le maïs. Dans les régions du Richelieu-St-Hyacinthe et du Sud-Ouest de Montréal, cette proportion dépasse 65 %. Cette culture demande l'utilisation d'une grande quantité de pesticides. En fait, le MAPAQ évalue que cette culture utilise 40% de toutes les matières chimiques actives vendues en agriculture au Québec, ces produits étant essentiellement des herbicides. La culture du maïs contribue à la dégradation des sols et des eaux du Québec par ces intrants de ferme qui se diffusent dans l'environnement par percolation et ruissellement. En effet, des quantités appréciables de pesticides sont perdues chaque année dans les eaux de drainage. Ces pertes contribuent à une dégradation de la qualité des rivières et des nappes d'eau. Une relation positive et significative existe entre le niveau de contamination des cours d'eau et la culture du maïs. Des herbicides utilisés pour la culture du maïs sont détectés chaque année dans les eaux de surface des rivières importantes de ces régions. Les concentrations d'herbicides comme l'atrazine et la cyanazine dépassent fréquemment le critère de 2 µg/L pour assurer la protection de la vie aquatique.

Les études toxicologiques démontrent que l'atrazine cause l'apparition précoce de tumeurs aux glandes mammaires, en particulier de carcinomes chez les rats femelles Sprague-Dawley. Les résultats de certaines études épidémiologiques de type "cas-témoins" menées en Italie révèlent une association entre l'exposition probable à l'atrazine, la durée de cette exposition et la présence de cancers ovariens. Certaines études épidémiologiques montrent une augmentation d'incidence de lymphomes non-Hodgkiniens. Par ailleurs, l'Allemagne, l'Italie, le Danemark, les pays scandinaves ne l'utilisent plus, craignant les risques pour la santé des humains et de l'environnement à long terme.

L'objectif général de la présente étude était d'estimer l'exposition d'une population qui consomme de l'eau du robinet dans laquelle il est possible de retrouver les pesticides de la famille chimique des triazines (atrazine, cyanazine, simazine). Les méthodes retenues furent celles de la surveillance environnementale (eau) et de la surveillance biologique (urine). Il s'agit d'une étude descriptive de type transversal

où deux groupes d'individus ont été comparés, l'un consommant de l'eau potentiellement contaminée avec des triazines et l'autre consommant de l'eau non contaminée. Les individus qui habitent les régions de St-Hyacinthe et Farnham constituaient le groupe de référence. Le groupe témoin fut recruté auprès de la population montréalaise.

L'échantillonnage a été réalisé lors de deux semaines consécutives, qui s'étalaient du 11 au 24 juin 1995. C'est au cours de cette période que les agriculteurs procèdent habituellement à l'application de l'atrazine sur le maïs et que les concentrations de triazines sont habituellement les plus importantes dans l'eau brute de ces municipalités. Au cours de ces deux semaines, les participants ont recueilli des échantillons d'eau à la maison, la veille d'un prélèvement d'urine. Les échantillons d'eau ont été analysés par le Ministère de l'Environnement de la Faune du Québec et les échantillons d'urine ont été expédiés au Centre de toxicologie du Québec.

Les concentrations d'atrazine obtenues dans l'eau de consommation sont inférieures à 0,18 µg/L et bien en-deçà de la norme québécoise pour l'eau potable de 5 µg/L. Les concentrations urinaires de l'atrazine et de ses métabolites sont toutes inférieures à la limite de détection de 5,0 µg/L. De façon générale, toutes les valeurs obtenues sont bien en-dessous des normes et des recommandations des organismes responsables de la protection de l'environnement ou de la santé publique. Lorsqu'il pleut, les pesticides peuvent se retrouver dans l'eau souterraine et l'eau de surface. Puisque le temps fut particulièrement clément suite à l'application de ces produits dans les régions étudiées, il y a eu très peu de ruissellement et d'infiltration. Le niveau d'exposition était trop faible au cours des jours qui ont précédé les prélèvements, et ne comportait aucun risque à la santé de ces populations.

On a observé une différence significative entre les concentrations d'atrazine dans l'eau du robinet des participants du groupe exposé et celles présentes dans l'eau embouteillée utilisée par le groupe témoin. Par conséquent, les sujets des groupes expérimentaux ont bel et bien été exposés à des doses d'atrazine supérieures à celles du groupe témoin.

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier chaleureusement mon directeur de recherche, Monsieur Claude Tremblay, qui a accepté de diriger ce projet et m'a permis de le mener à terme grâce à ses judicieux conseils.

Je tiens également à adresser un grand merci à ma famille, dont la patience et les encouragements ont été d'un réel support tout au long de la rédaction de ce mémoire.

Finalement, je voudrais remercier Monsieur Gaétan Carrier, Monsieur Denis Belleville, Madame Dorice Boudreault, Madame Denise Phaneuf et Madame Hélène Tremblay ainsi que les citoyens de Farnham et St-Hyacinthe qui ont participé à cette recherche pour leur précieuse collaboration.

TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACE	ii
SOMMAIRE	iii
REMERCIEMENTS	v
TABLE DES MATIÈRES	vi
LISTE DES ACRONYMES, SYMBOLES ET SIGLES	ix
LISTE DES TABLEAUX	xi
LISTE DES FIGURES	xv
LISTE DES ANNEXES	xvi
INTRODUCTION	1
 1. LE PROBLÈME DE RECHERCHE	 3
1.1 État de la recherche	3
1.1.1 Géographie de la Montérégie	3
1.1.1.1 Caractéristiques physiques de la Montérégie.....	3
1.1.1.2 Description du bassin de la rivière Yamaska	3
1.1.2 Démographie.....	4
1.1.2.1 Montérégie.....	4
1.1.2.2 Municipalités ciblées	4
1.1.3 Utilisation des pesticides d'usage agricole	6
1.1.3.1 Pesticides vendus au Québec.....	6
1.1.3.2 Pesticides utilisés dans la culture du maïs.....	11
1.1.4 La culture du maïs.....	13
1.1.4.1 Au Québec	13
1.1.4.2 En Montérégie	14
1.1.4.3 Dans le bassin versant de la rivière Yamaska	15
1.1.5 La surveillance environnementale des pesticides/maïs.....	15
1.1.5.1 Au niveau de la qualité de l'eau.....	15
1.1.5.2 Au niveau de la qualité des aliments.....	17
1.1.5.3 Au niveau du sol.....	17
1.1.6 Évaluation du risque / pesticides / maïs	18
1.1.6.1 Études éco-toxicologiques	18

1.1.6.2 Études toxicologiques	19
1.1.6.3 Études épidémiologiques	21
1.2 La question de recherche.....	24
1.3 Le but de la recherche	24
1.4 Objectifs de la recherche.....	24
1.5 Paramètres environnementaux	25
2. MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	28
2.1 Type d'étude	28
2.2 Population	28
2.3 Taille de l'échantillon.....	30
2.4 Collecte des données.....	30
2.5 Procédures pour les analyses toxicologiques	30
2.5.1 Méthode analytique	31
2.6 Procédures pour les analyses de l'eau.....	31
2.6.1 Principe et théorie de la méthode immunoenzymatique	31
2.6.2 Particularités de la trousse choisie	32
2.6.3 Contrôle de qualité	33
2.6.4 Principe et théorie de la chromatographie gazeuse	33
2.6.5 Particularités du balayage chromatographique.....	34
2.6.6 Contrôle de qualité	35
2.7 Analyse statistique	36
2.8 Estimation du risque.....	37
3. LA RECENSION DES ÉCRITS	38
3.1 Études toxicologiques.....	38
3.1.1 La simazine.....	38
3.1.2 La cyanazine.....	39
3.1.3 L'atrazine	40
3.2 Toxicocinétique de l'atrazine	47
3.2.1 Données animales.....	47
3.2.1.1 Absorption.....	47
3.2.1.2 Métabolisme	48

3.2.1.3 Distribution	50
3.2.1.4 Élimination	51
3.2.2 Données humaines	52
3.3 Études épidémiologiques	53
4. RÉSULTATS.	59
4.1 Analyse des résultats	60
4.1.1 Résultats des analyses statistiques	65
4.1.2 Résultats des analyses de laboratoire	70
5. DISCUSSION	84
CONCLUSION	91
ANNEXE 1	94
ANNEXE 2	96
ANNEXE 3	98
ANNEXE 4	103
ANNEXE 5	105
ANNEXE 6	107
ANNEXE 7	109
ANNEXE 8	111
ANNEXE 9	118
BIBLIOGRAPHIE	182

LISTE DES ACRONYMES, SYMBOLES ET SIGLES

ADI:	Acceptable daily intake
BSQ:	Bureau de la Statistique du Québec
CCMRE:	Conseil canadien des ministres des Ressources de l'Environnement
CIRC:	Centre international de recherche sur le cancer
CTQ:	Centre de toxicologie du Québec
2,4-D:	Acide (2,4-dichlorophénoxy) acétique CAS 94-75-7
DAA:	2-chloro-diaminoatrazine
DEA:	Dééthylatrazine
DIA:	Déisopropylatrazine
DSC:	Département de santé communautaire
DWEL:	Drinking-water equivalent level
EPA:	Environmental Protection Agency
EPTC:	Dipropylthiocarbamate de F-éthyle (C ₉ H ₁₉ NOS) CAS 759-94-4
LOAEL:	Lowest Observed Adversed Effect Level
LOEL:	Lowest Observed Effect Level
MAPAQ:	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
MCPA:	Acide (4-Chloro-2 méthylphénoxy) acétique CAS 94-74-6
MEF:	Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec

MENVIQ:	Ministère de l'Environnement du Québec
NOAEL:	Non Observed Adversed Effect Level
NOEL:	Non Observed Effect Level
NRC:	National Research Council
OGM:	Organismes génétiquement modifiés
RfD:	Reference dose
RR:	Risque relatif
SNARL:	Suggested no adverse response level
SNBSC:	Santé nationale et Bien-être social Canada
USEPA:	United States Environmental Protection Agency

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1	Population rurale, superficie pulvérisée aux pesticides et superficie totale en culture pour le bassin hydrographique de la Yamaska, 1981.	6
Tableau 1.2	Définitions des différentes classes de pesticides au Québec.	7
Tableau 1.3	Quantité de matières actives vendues en 1992 de triazines et de triazoles en rapport avec ses trois types d'utilisation.	8
Tableau 1.4	Données comparatives 1978-1982-1992 du milieu agricole québécois.	9
Tableau 1.5	Superficieensemencée en maïs au Québec en 1991-1992.	13
Tableau 1.6	Classification des cancérigènes selon l'USEPA (1986, 1988).	20
Tableau 1.7	Potentiel cancérigène et apport quotidien acceptable des trois triazines étudiées selon l'USEPA (1988) et le NAS (1977).	21
Tableau 1.8	Principales études descriptives et épidémiologiques sur l'atrazine et d'autres pesticides.	23
Tableau 1.9	RfD, DWEL, Lifetime et q1* des trois pesticides étudiés d'après l'USEPA, 1993.	26

Tableau 1.10	Limite de détection , normes de qualité de l'eau, ADI et SNARL des pesticides étudiés d'après le MEF, le SNBSC et la NAS.	27
Tableau 2.1	Présentation détaillée du groupe exposé et du groupe témoin ainsi que le nombre de prélèvements d'eau et d'urine de chaque groupe.	29
Tableau 2.2	Limites de détection des 34 pesticides.	36
Tableau 3.1	Études sur la simazine.	39
Tableau 3.2	Études sur la cyanazine.	40
Tableau 3.3	Données sur les tumeurs mammaires causées par différentes doses d'atrazine chez les rates Sprague-Dawley.	42
Tableau 3.4	NOEL, NOAEL, LOEL et LOAEL (mg•kg-1•jour-1) de l'atrazine.	47
Tableau 4.1	Concentrations de triazine, d'atrazine, de dééthyle atrazine, de simazine, de dééthyle simazine et de cyanazine dans l'eau brute, traitée et potable de Farnham et de St-Hyacinthe, le 14 juin 1995.	61
Tableau 4.2	Concentrations de triazine, d'atrazine, de dééthyle atrazine, de simazine, de dééthyle simazine et de cyanazine dans l'eau brute, traitée et potable de Farnham et de St-Hyacinthe, le 21 juin 1995.	64
Tableau 4.3	Moyennes des doses en µg par litre de triazines ingérées par les participants de Farnham, St-Hyacinthe et Montréal, juin 1995.	65

Tableau 4.4	Moyennes des doses d'atrazine ingérées par les participants de Farnham, St-Hyacinthe et Montréal, juin 1995.	66
Tableau 4.5	Concentrations d'atrazine ingérées par les participants de Farnham et de St-Hyacinthe, le 14 et le 21 juin 1995.	66
Tableau 4.6	Résumé des quatre analyses statistiques.	67
Tableau 4.7	Doses de triazines ingérées par les participants de Farnham, le 14 juin 1995.	71
Tableau 4.8	Doses de triazines ingérées par les participants de St-Rosalie et St-Hyacinthe, le 14 juin 1995.	73
Tableau 4.9	Doses de triazines ingérées par les participants de Montréal, le 14 juin 1995.	74
Tableau 4.10	Doses de triazines ingérées par les participants de Farnham, le 21 juin 1995.	75
Tableau 4.11	Doses de triazines ingérées par les participants de St-Rosalie et St-Hyacinthe, le 21 juin 1995.	77
Tableau 4.12	Taux urinaires ($\mu\text{g/L}$) mesurés chez les participants de Farnham, St-Rosalie et St-Hyacinthe en juin 1995. ..	78
Tableau 4.13	Moyennes des doses (mg) de triazines ingérées par les participants de Farnham, St-Hyacinthe et Montréal, juin 1995.	78
Tableau 4.14	Moyennes des doses ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{jour}^{-1}$) de triazines ingérées par les participants de Farnham, St-Hyacinthe et Montréal, juin 1995.	79

Tableau 4.15	RfD, DWEL, Lifetime et q1* des trois pesticides étudiés d'après l'USEPA, 1993.	80
Tableau 4.16	Rapport entre les doses établies par l'USEPA et les moyennes des concentrations des trois triazines étudiés, juin 1995.	81
Tableau 4.17	Rapports entre les doses établies par le NAS et le MEF et les moyennes des concentrations des trois triazines étudiées, juin 1995.	83

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1	Répartition des ventes de pesticides en 1992 dans le secteur agricole selon le type d'utilisation.	10
Figure 1.2	Superficies traitées aux herbicides pour les cultures céréalières au Québec.	11
Figure 1.3	Structure moléculaire de l'atrazine.	12
Figure 1.4	Répartition par région des superficies couvertes de maïs au Québec en 1992.	14

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1	Régions administratives du Québec, 1987	94
ANNEXE 2	Bassin versant de la rivière Yamaska	96
ANNEXE 3	Les 83 municipalités du bassin versant de la rivière Yamaska avec leur population et la superficie en culture	98
ANNEXE 4	Pesticides vendus aux agriculteurs du Québec par bassin hydrographique, 1982 - Groupe chimique: triazines et triazoles ..	103
ANNEXE 5	Utilisation des herbicides, des insecticides ou des fongicides et surfaces irriguées, pour les dix divisions de recensement du bassin versant de la rivière Yamaska, 1990	105
ANNEXE 6	Approximation de la superficie cultivée en maïs en hectares pour le bassin versant de la rivière Yamaska à partir des dix divisions de recensement	107
ANNEXE 7	Densité d'utilisation des pesticides vendus aux agriculteurs du Québec par bassin hydrographique, 1982	109
ANNEXE 8	Protocole de prélèvements et questionnaires à l'intention des participants de St-Hyacinthe, Farnham, et Montréal	111
ANNEXE 9	Résultats d'analyse (données brutes) des triazines des échantillons d'eau prélevés dans les résidences de St-Hyacinthe et de Farnham	118

INTRODUCTION

Au Québec, la culture du maïs est celle où l'on emploie les plus grandes quantités de pesticides, en particulier l'atrazine pour combattre les mauvaises herbes susceptibles de nuire au rendement. Les principales zones de culture intensive du maïs sont situées au sud de Montréal. L'agriculture occupe la plus grande partie des surfaces du bassin versant de la rivière Yamaska. Quatre-vingt-trois municipalités regroupées dans dix divisions de recensement sont drainées par cette rivière et ses affluents. Parmi les plus importantes, on retrouve Acton Vale, Bromont, Cowansville, Farnham, Granby et St-Hyacinthe. Ce bassin hydrographique se classe premier pour les quantités de pesticides vendues aux agriculteurs pour plus de la moitié des groupes chimiques sur le marché. Sur ce territoire, plus de la moitié de la superficie cultivée est pulvérisée par des pesticides.

Il y a plus de trente ans que l'atrazine contribue substantiellement à la production du maïs au Québec. Depuis le tout début de son utilisation, cet herbicide agricole a fait l'objet d'études sur le terrain et en laboratoire. Les études toxicologiques montrent que l'atrazine cause l'apparition précoce de tumeurs aux glandes mammaires chez les sujets femelles de rats Sprague-Dawley. Chez les humains, les résultats de certaines études cas-témoins menées en Italie, révèlent une association entre l'exposition probable à l'atrazine, la durée de cette exposition et la présence de cancers ovariens. Par ailleurs, plusieurs pays européens ne l'utilisent plus, craignant les risques pour la santé des humains et de l'environnement.

Parmi les municipalités où l'on retrouve l'ensemble des prises d'eau du bassin versant de la rivière Yamaska, seules les municipalités de St-Hyacinthe et de Farnham seront considérées dans le cadre de cette étude. Les cours d'eau de ces villes font l'objet d'une étroite surveillance de la part du Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec qui observe fréquemment des dépassements de la limite maximale permise de 2 µg par litre pour la protection de la vie aquatique et de 5 µg par litre pour la protection des humains qui utilisent l'eau potable.

La présente étude devrait permettre d'estimer la concentration de triazines dans l'eau de consommation des citoyens de Farnham et de St-Hyacinthe, en plus d'estimer dans quelle mesure ces triazines peuvent être absorbées par l'organisme humain qui consomme cette eau et induire des problèmes de santé. Pour ce faire, le MEF collaborerera en procédant à l'analyse de l'eau des participants à l'étude, et le Centre de Toxicologie du Québec vérifiera la présence de l'atrazine et de ses métabolites dans l'urine des sujets. En estimant l'exposition aux triazines de la population de St-Hyacinthe et de Farnham à partir de données environnementales et de données biologiques, on pourra comparer les niveaux d'exposition de ces populations à un groupe témoin. Finalement, il sera possible d'estimer le risque à la santé de ces populations à partir des paramètres environnementaux et biologiques en comparant les doses reçues aux doses normalisées américaines et québécoises.

1. LE PROBLÈME DE RECHERCHE

1.1 État de la recherche

1.1.1 Géographie de la Montérégie

1.1.1.1 Caractéristiques physiques de la Montérégie

Le territoire de la Montérégie comprend la partie sud des basses terres du Saint-Laurent incluant la Vallée du Richelieu jusqu'à la hauteur de Sorel. Au sud-ouest, le territoire englobe la région de Vaudreuil-Soulanges et vers l'est, il s'étend jusqu'au lac Memphrémagog occupant une partie de l'Estrie qui repose sur l'avancée appalachienne. En annexe 1, une carte des régions administratives du Québec permet de mieux situer la Montérégie.

La majorité du territoire se distingue par une plaine uniforme formée des meilleures terres arables du Québec. On y retrouve aussi les Montérégiennes, les collines de Rigaud et de Covey. Les régions de Saint-Lazare, Verchères et le Nord du mont Saint-Hilaire se différencient par des îlots sableux. Toutefois, la partie Est du territoire correspond au contrefort des Appalaches et se caractérise par un relief accidenté et boisé (Gaudreau *et al.*, 1994).

1.1.1.2 Description du bassin de la rivière Yamaska

Délimité au Sud et à l'Ouest par le bassin versant du Richelieu, à l'Est par celui de la Saint-François et au Nord par le Saint-Laurent, le bassin versant de la Yamaska constitue un territoire de 4 908 km² (annexe 2). Dans sa partie amont, la rivière s'écoulant d'Est en Ouest draine un territoire vallonné par le piedmont des Appalaches, puis, aux environs de la ville de Farnham, elle s'écoule du Sud au Nord à travers les basses terres du Saint-Laurent. Prenant sa source au lac Brome, elle se gonflera des eaux de ses principales rivières tributaires qui sont, de l'amont à l'aval, la Yamaska nord, la Yamaska sud-ouest, la Noire et le ruisseau David. Avant de se confluer avec le Saint-Laurent dans le lac Saint-Pierre à la hauteur de la baie Saint-

François, elle aura parcouru 185 km avec une pente moyenne d'un mètre au kilomètre.

Le bassin versant de la Yamaska compte 17 lacs ou réservoirs dont un seul de dimension appréciable, soit le lac Brome avec ses 14,5 km². Bien que le réservoir Choinière, le lac Boivin, l'étang Roxton et le lac Waterloo soient dignes de mention, les nappes d'eau du bassin de la Yamaska représentent moins de 0,5% de la surface de ce bassin versant. Ainsi, la rareté des nappes d'eau d'importance, les pentes relativement fortes dans la région appalachienne, le faible pourcentage de couvert forestier (29% du territoire) ainsi que le redressement de ruisseaux et le drainage pour fins agricoles sont autant de facteurs contribuant au débit très irrégulier de la Yamaska. L'écoulement se faisant rapidement, la Yamaska sera caractérisée par des crues fortes et subites au printemps ou lors des pluies abondantes mais par un débit faible, voire même critique, en période d'étiage (niveau moyen le plus bas). Cette faible capacité de rétention du bassin versant influencera directement les volumes d'eau de surface disponible pour la consommation (Durocher, 1986).

1.1.2 Démographie

1.1.2.1 Montérégie

La Montérégie couvre une superficie de 10 989,41 km². On compte 231 municipalités regroupées en 15 municipalités régionales de comté (MRC). La population de la Montérégie a augmenté de 9,9% pour atteindre 1 236 000 personnes entre 1986 et 1991 et de 1,6% pour arriver à 1 255 200 personnes en 1992, alors qu'elle n'était que de 832 730 personnes en 1971 (Duchesne, 1994).

1.1.2.2 Municipalités ciblées

En Montérégie, les engrais chimiques ont été utilisés sur 390 910 hectares ou hm² (965 960 acres) de ce territoire (soit 39,21% de l'utilisation québécoise), le purin sur 94 125 hectares (232 589 acres ou 17,50%), les herbicides sur 299 065 hectares (739 005 acres ou 52,99%) et les insecticides et fongicides sur 53 145 hectares (131 324 acres ou 55,20%). La MRC "Les Maskoutains" est la principale utilisatrice d'engrais chimiques, de purin, d'herbicides, d'insecticides et de fongicides (Statistique Canada, 1992).

Dans une étude de Godon *et al.* (1989), on a déterminé trois catégories de bassins (très, moyennement, peu exposés) selon la répartition des ventes totales de pesticides par bassin. Sur les 34 bassins hydrographiques québécois, 5 bassins sont très exposés ($\geq 6,8\%$ du total des ventes du Québec). Il s'agit des bassins proches de Montréal, drainés principalement par les rivières Yamaska, Châteauguay, Richelieu, l'Assomption, et Nicolet.

Le secteur du bassin versant de la rivière Yamaska comptait 228 986 habitants en 1991. Bien que le tiers de la population vive en milieu rural, l'agriculture occupe la plus grande partie des surfaces du bassin de la Yamaska. De plus, ce bassin hydrographique se classe premier pour les quantités de pesticides vendus aux agriculteurs pour plus de la moitié des groupes chimiques sur le marché. Acton Vale, Bromont, Cowansville, Farnham, Granby et Saint-Hyacinthe sont les six municipalités où l'on retrouve l'ensemble des prises d'eau du bassin versant de la Yamaska (Primeau *et al.*, 1990). Dans le cadre de cette étude, seules les municipalités de St-Hyacinthe et de Farnham seront considérées. Ces villes sont parmi les plus peuplées entourant ce cours d'eau. De plus, elles font l'objet d'une étroite surveillance de la part du MEF à cause de leurs antécédents peu reluisants en matière de qualité d'eau potable.

Une liste complète des 83 municipalités du bassin versant de la rivière Yamaska accompagnées du nombre d'habitants se trouve à la fin de ce document, en annexe 3. Le tableau 1.1 indique qu'à la fin des années quatre-vingt, plus de la moitié des terres en culture (100 000 hectares) étaient pulvérisées par les pesticides par rapport à la superficie totale en culture (186 301 ha) dans le bassin hydrographique de la rivière Yamaska. D'après Statistique Canada, en 1991 la superficie de terre en culture s'élevait à 190 193 hectares pour l'ensemble des 83 municipalités du bassin versant de la rivière Yamaska (annexe 3). Au Québec, seulement trois autres bassins hydrographiques ont 50% et plus de leur superficie pulvérisée aux pesticides. Il s'agit des bassins de la Richelieu (57,07%), de l'Assomption (50,34%) et de l'ensemble des sous-bassins de Saint-Régis, de la Tortue et de Châteauguay (62,12%) (Godon *et al.*, 1987).

Tableau 1.1 Population rurale, superficie pulvérisée aux pesticides et superficie totale en culture pour le bassin hydrographique de la Yamaska, 1981.

Bassin hydrographique de la Yamaska	
Population rurale	79 180
Superficie totale pulvérisée aux pesticides (ha)	100 237
Superficie totale en culture (ha)	186 301
Pourcentage de superficie pulvérisée aux pesticides	54

Source: Godon *et al.*, 1987

1.1.3 Utilisation des pesticides d'usage agricole

1.1.3.1 Pesticides vendus au Québec

Au Québec, l'utilisation des pesticides est un phénomène important. La distribution géographique de l'utilisation des pesticides est inégale sur le territoire, car elle est liée aux activités culturelles propres à chaque région. D'après les états des transactions transmises au MEF (Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec) par 138 grossistes, il s'est vendu au Québec en 1992, un total de 3 583 207 kg de matières actives et 255 896 BIU (en anglais: Billion of International Units). Le plus fort volume de vente se retrouve en classe 3 (voir Tableau 1.2) où la majorité des produits commerciaux, industriels et agricoles sont regroupés. Il s'agit de 3 136 108 kg de matières actives et 221 260 BIU (563 des 1075 différents produits commerciaux vendus) (Gorse, 1995).

Tableau 1.2 Définitions des différentes classes de pesticides au Québec.

Classes de pesticides d'après la réglementation québécoise	Définitions
CLASSE 1	Produit très toxique dont l'utilisation requiert un c.a. en vertu de la Loi sur la qualité de l'environnement
CLASSE 2	Équivalente à la classe fédérale restreinte
CLASSE 3	Tous les pesticides homologués d'usage commercial, agricole et industriel en vertu de la Loi sur les produits antiparasitaires
CLASSE 4	Produits d'usage domestique
CLASSE 5	Produits d'usage domestique
CLASSE 9	Classe fictive pour répertorier et traiter facilement les pesticides dont la vente et l'utilisation sont illégales

Source: Gorse, 1995

Pour l'ensemble des ventes de pesticides en 1992, les herbicides représentent 54% des matières actives vendues. Parmi eux, les triazines et triazoles sont les plus vendues (502 423 kg). Si l'on considère l'ensemble des pesticides selon leur groupe chimique, les carbamates représentent le groupe le plus vendu avec 17,5% ou 626 699 kg de matières actives, suivi de près par les triazines et triazoles avec 14,3% ou 511 528 kg de matières actives. Les triazines (herbicides) et triazoles (fongicides) sont des produits stables formés d'un noyau cyclique de carbone et d'azote. Leur mode d'action complexe réduit la photosynthèse et inhibe la division cellulaire des plantes. Les triazines sont des herbicides utilisés pour contrer la germination des mauvaises herbes en phase préémergence au printemps et pour contrôler leur croissance sur les

aires non cultivées en période estivale. Le tableau 1.3 démontre la portion de triazines et triazoles vendues en 1992 en fonction du type de pesticide. On remarque que les triazines sont surtout employées comme herbicide. Ce groupe représente plus du quart de la totalité des matières actives utilisées au Québec comme herbicides et régulateurs de croissance.

Tableau 1.3 **Quantité de matières actives vendues en 1992 de triazines et de triazoles en rapport avec ses trois types d'utilisation.**

Pesticides	Quantité de matières actives (kg)	Pourcentage (%)
Herbicides, régulateurs de croissance	1 926 882,97	26,1
Triazines et triazoles	502 422,82	
Fongicides	462 985,28	0,7
Triazines et triazoles	3 368,14	
Autres: adjuvants, désinfectants, etc.	297 400,19	1,9
Triazines et triazoles	5 736,78	
Total:	2 687 268,44	19,0
	511 527,74	

Le tableau 1.4 démontre un net accroissement des ventes agricoles, même si les superficies en culture sont restées sensiblement les mêmes. On a comparé les bilans de 1978, 1982 et 1992 pour ce secteur. Ce tableau fait état d'une utilisation croissante des pesticides en agriculture. Le ratio de la masse de matières actives de pesticides sur le nombre d'hectares cultivés est passé de 0,73 en 1978 à 1,33 en 1992. Le secteur agricole est celui qui comporte les plus grandes quantités de matières actives vendues, soit 2 797 505,97 kg ou 78% des ventes et 220 916,64 BIU (pesticides biologiques).

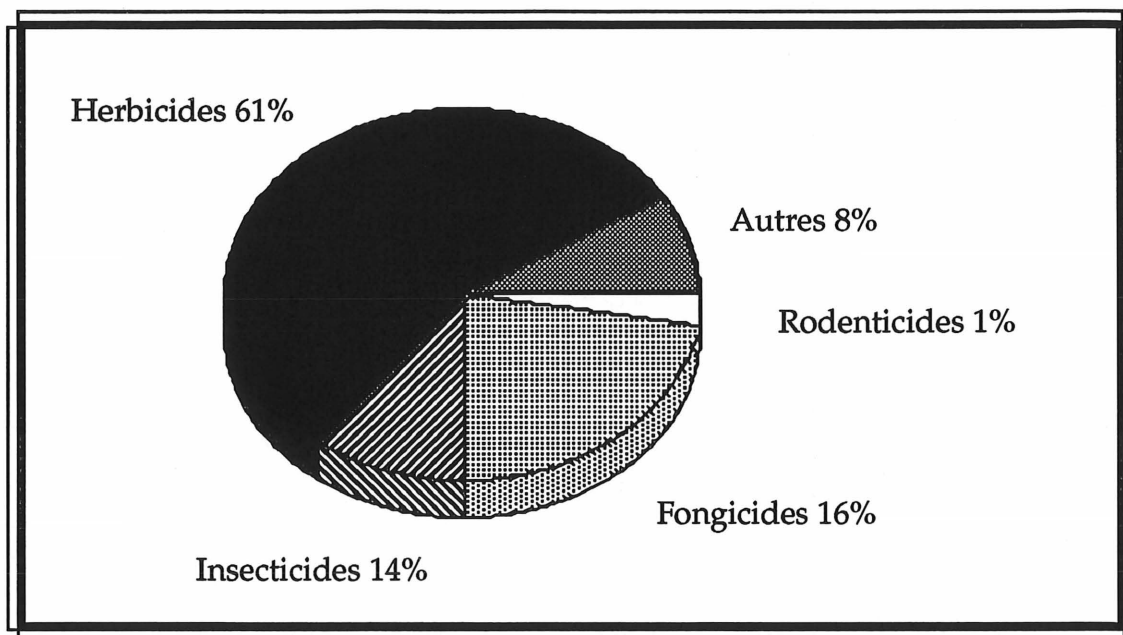
Ce tableau présente également les quantités de matières actives vendues en 1978, 1982 et 1992 pour les triazines et triazoles. Ces pesticides représentaient en 1992, 17% des quantités de matières actives vendues en milieu agricole. Selon Gorse (1995), il appert que parmi les groupes chimiques utilisés en agriculture, les quantités de

triazines et triazoles ont toujours dominé le marché. Toutefois, une nette diminution de ce groupe est notée pour l'année 1992 comparativement à l'année 1982, au profit des carbamates et des dérivés des amides. Il est certain que sur une période de dix ans, de nouveaux produits entrent sur le marché et influencent le choix des producteurs agricoles. C'est le cas des pyréthrinoïdes de synthèse qui semblent de plus en plus intéresser les producteurs agricoles (Gorse, 1995).

Tableau 1.4 Données comparatives 1978-1982-1992 du milieu agricole québécois.

DESCRIPTION	1978	1982	1992
Quantité de matières actives (kg) (excluant les huiles)	1 340 900	1 701 091	2 485 124
Quantité de matières actives (kg) (incluant les huiles)	2 146 350	2 308 396	2 753 367
Nombre de produits	160	450	319
Nombre de matières actives	149	186	161
Superficie cultivée (hectares)	1 836 849	1 753 702	1 862 157
Ratio kg de matières actives/ hectare cultivé	0,73	0,97	1,33
Triazines et triazoles (kg et %)	391 040 18%	570 999 25%	470 259 17%

Source: Gorse, 1995

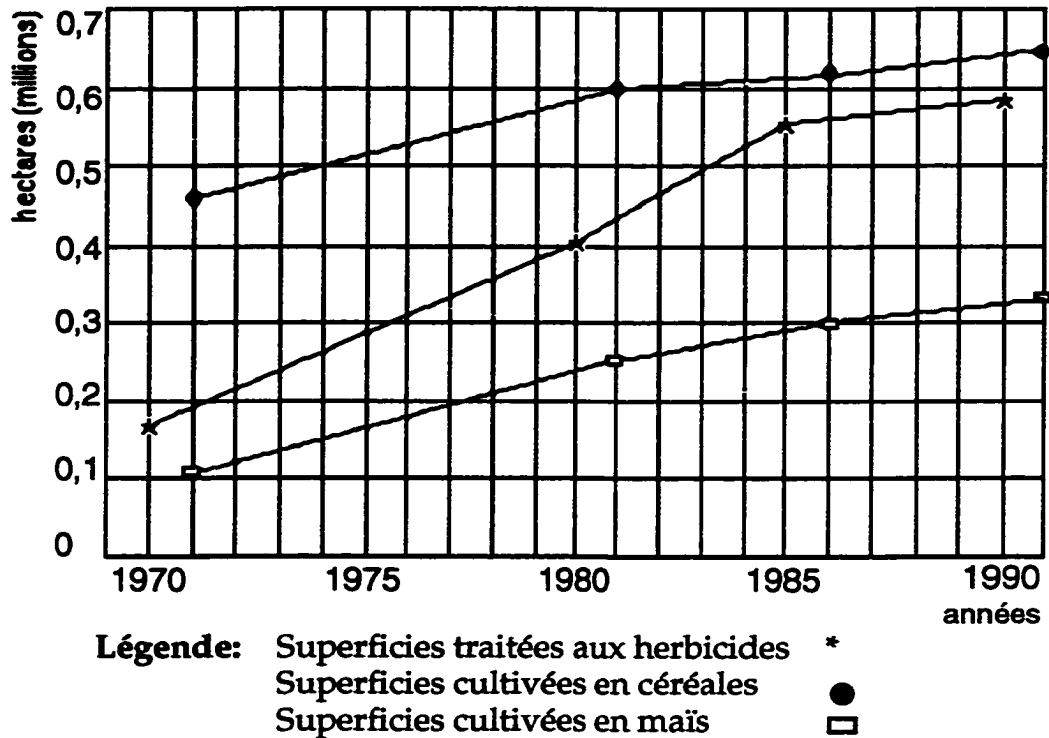


Source: Gorse, 1995

Figure 1.1 Répartition des ventes en 1992 dans le secteur agricole selon le type d'utilisation

En annexe 4, une carte montre la distribution géographique des ventes de triazines et triazoles. En parcourant cette carte, on observe des quantités plus importantes de ces pesticides sur la rive-sud du fleuve Saint-Laurent, tout spécialement dans le bassin hydrographique de la Yamaska. D'après Durocher (1986), au seul chapitre de la vente de pesticides pour fins agricoles, les agriculteurs du bassin de la Yamaska sont les plus gros utilisateurs au Québec avec 590 103 kg de matière active achetés en 1982.

Selon les données de Statistique Canada, les superficies traitées aux herbicides n'ont cessé d'augmenter depuis 1970. Elles ont connu une forte croissance de 1970 à 1985, puis se sont stabilisées par la suite, et ont suivi l'augmentation des superficies cultivées (Figure 1.2).



Source: Statistique Canada, 1991

Figure 1.2 Superficies traitées aux herbicides pour les cultures céréalières au Québec.

1.1.3.2 Pesticides utilisés dans la culture du maïs

Compte tenu des surfaces occupées par le maïs, il est reconnu que c'est la culture qui, globalement, accapare le plus grand volume de pesticides (MAPAQ, 1993). Les produits utilisés sont essentiellement des herbicides pour combattre les mauvaises herbes susceptibles de nuire au rendement. Le maïs est la seule culture pour laquelle l'utilisation de l'atrazine est recommandée. On compte 21 produits et 77 possibilités différentes pour lutter contre les mauvaises herbes dans le maïs. Neuf matières actives, que l'on retrouve dans une dizaine de préparations commerciales, couvrent de 85% à 90% des applications. Ces produits sont l'atrazine, le DUAL (métolachlore), le SUTAN (butilate), l'ERADICANE (EPTC+), le PRIMEXTRA (métolachlore/atrazine), le MARKSMAN (atrazine/dicamba), le PARDNER (bromoxynil), le BANVEL (dicamba), le BLADDEX (cyanazine), le LADDOK

(bentazone) et le PROWL (pendimethalin). La grande disponibilité de nombreux produits de synthèse efficaces ne facilite pas le développement et l'adoption de méthodes de désherbage autres que chimiques. Le MAPAQ évalue que la culture du maïs utilise près de 40% de toutes les matières actives vendues en agriculture au Québec.

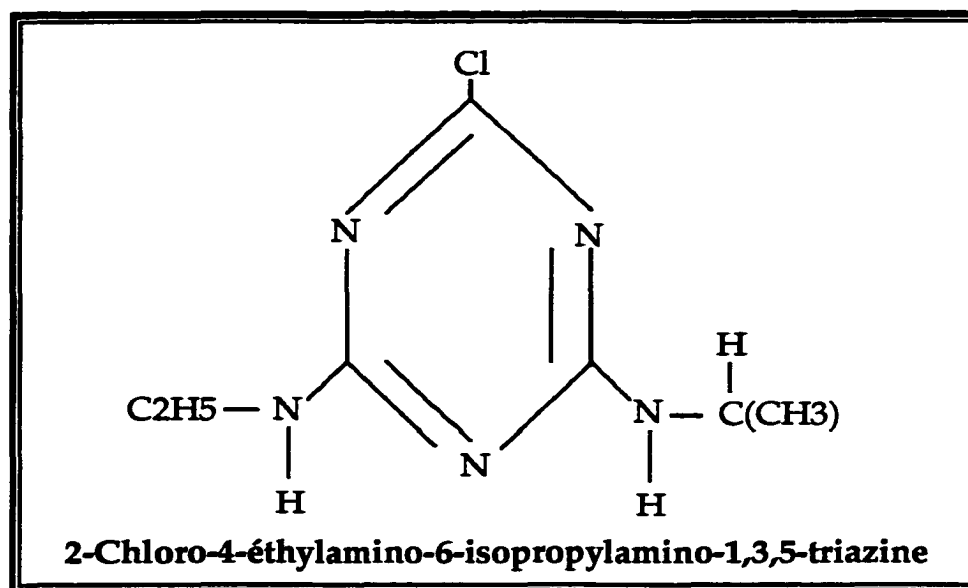


Figure 1.3 Structure moléculaire de l'atrazine.

L'utilisation habituelle consiste à épandre les herbicides sur les cultures de maïs de façon uniforme sur l'ensemble de la superficie cultivée, en début de saison. Les nouvelles pratiques culturales tendent à diminuer la quantité d'herbicides employée. La compagnie Ciba-Geigy suggère dans une publicité l'application d'une livre à l'acre d'atrazine pour réprimer les herbes indésirables. Ce principe du un pour un pour une années de culture correspond à environ 0,874 kg à l'hectare. Cependant, une moyenne considérable de 3,5 kg de matières actives par hectare a été appliquée sur les cultures de maïs au Québec au cours de l'année 1992, soit 4 fois plus que la dose d'application recommandée.

Contrairement à l'application des herbicides et au traitement des semences qui sont faits quasi systématiquement, les insecticides sont plutôt appliqués au besoin au

cours de la saison. Les applications d'insecticides sont beaucoup moins fréquentes dans le maïs-grain ou dans le maïs fourrager que dans le maïs sucré frais et le maïs de conserverie qui sont destinés à la consommation humaine (Berryman *et al.*, 1994).

1.1.4 La culture du maïs

1.1.4.1 Au Québec

La culture du maïs couvre de très grandes superficies dans le territoire agricole du Québec. L'agriculture occupe près de 2 millions d'hectares au Québec. La culture du maïs accapare 18% des principales cultures. Il vient en second lieu, après les plantes fourragères (43%). Depuis une vingtaine d'années, la culture du maïs connaît un développement considérable. Les superficies cultivées sont passées de 78 000 à 353 165 hectares entre 1970 et 1992. Le tableau 1.5 montre l'importance de cette culture au Québec. La culture du maïs-grain a augmenté de 426% entre 1971 et 1991.

Tableau 1.5 Superficieensemencée en maïs au Québec en 1991-1992.

Superficie en hectares				
Année	Maïs sucré	Maïs fourrager	Maïs grain	Total
1991	11 169 (3%)	31 756 (10%)	293 758 (87%)	336 683 (100%)
1992	11 165 (3%)	34 000 (10%)	308 000 (87%)	353 165 (100%)

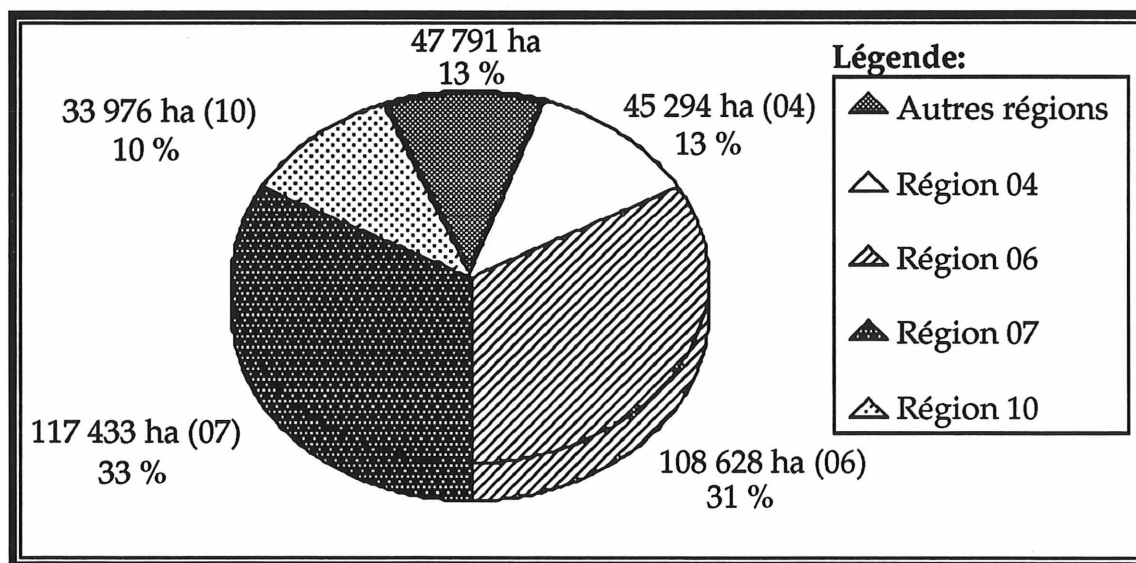
Source: MAPAQ, 1993

Durant la même période, le nombre de vaches laitières a diminué de 43% tandis que le nombre de fermes faisant l'élevage de vaches laitières a diminué de 66% (Statistique Canada, 1992). On explique l'engouement de plus de 6000 agriculteurs pour cette culture par des raisons économiques. Dans le groupe des principales plantes industrielles (maïs, céréales à paille, soya, plantes fourragères), le maïs est la plante la plus lucrative. De fait, en tenant compte des revenus stabilisés, le maïs dégage les meilleures marges de profit (MAPAQ, 1993). Les ventes de maïs-grain ont entraîné des recettes de 158 millions de dollars en 1991 contre 169 millions un an plus

tôt. Malgré une hausse du volume de mise en marché évaluée à 7,8%, la chute marquée du prix, d'environ 13,3%, explique la baisse globale des recettes (BSQ, 1992). D'autres éléments expliquent ce développement. Les productions animales constituent un excellent débouché pour le maïs. De plus, la production est grandement facilitée par la très grande disponibilité d'intrants: semences hybrides, herbicides et machinerie spécialisée.

1.1.4.2 En Montérégie

La culture du maïs est concentrée dans la plaine de Montréal. Les régions Sud-Ouest (07) et Nord de Montréal (10), Richelieu-St-Hyacinthe (06) et Bois-Francs (04) produisent 86% du maïs (figure 1.4).



Source: MAPAQ, 1993

Figure 1.4 Répartition par région des superficies couvertes de maïs au Québec en 1992.

1.1.4.3 Dans le bassin versant de la rivière Yamaska

Le bassin versant de la rivière Yamaska est caractérisé par la prédominance marquée de grandes cultures. À l'exception des cultures fourragères, qui utilisent peu de pesticides, la culture du maïs est largement prédominante.

En considérant les dix divisions de recensement comprises dans le bassin versant de la rivière Yamaska, on obtient 193 362 hectares pulvérisés aux herbicides, 30 752 hectares pulvérisés aux insecticides et fongicides et 3 742 hectares irrigués (annexe 5). De la même façon, on obtient 136 029 hectares de maïs grain, 3 054 hectares de maïs sucré et 10 778 hectares de maïs fourrager pour un total de près de 150 000 hectares couverts de maïs pour ce bassin (annexe 6). Cependant, il est important de rappeler que ces dix divisions de recensement comprennent plus que les 83 municipalités du bassin versant de la rivière Yamaska. Les sommes obtenues sont donc supérieures aux valeurs réelles.

1.1.5 La surveillance environnementale des pesticides/maïs

D'après l'analyse cartographique de l'*Atlas de l'Utilisation des Pesticides en Agriculture au Québec*, (Godon *et al.*, 1987), le bassin de la Yamaska représente une zone où les risques potentiels pour la santé humaine, reliés à l'exposition aux pesticides, sont parmi les plus élevés.

1.1.5.1 Au niveau de la qualité de l'eau

Depuis plusieurs années, beaucoup de pays ont constaté la contamination de leurs eaux de surface par les pesticides. Cette contamination est généralement associée à l'utilisation de ces produits dans les grandes cultures, notamment dans la culture du maïs. L'érosion hydrique est identifiée comme la plus grande source de pollution diffuse et de dégradation des eaux de surface. L'érosion hydrique se traduit par la perte de fines particules de sol entraînant des matières fertilisantes et des pesticides. Dans la culture du maïs, des quantités appréciables d'azote et de pesticides sont perdues chaque année dans les eaux de drainage. Toutes ces pertes contribuent à une dégradation de la qualité des rivières et des nappes d'eau.

Aux États-Unis, des programmes d'échantillonnage menés de 1987 à 1989 (Pereira et Rostad, 1990) et en 1991-1992 (Pereira et Hostettler, 1993) dans le fleuve Mississippi rapportent la présence de plusieurs herbicides dont l'atrazine, la cyanazine et la simazine. Ces herbicides sont associés aux cultures de maïs, du soya et du sorgho. En Ontario, l'atrazine est l'herbicide le plus fréquemment détecté dans les prises d'eau potable en rivière.

Au Québec, une étude réalisée par Environnement Canada en 1987-1988 (Forrest et Caux, 1990) montre la présence de pesticides, en particulier des herbicides, dans plusieurs cours d'eau des grandes régions agricoles du Québec. L'herbicide atrazine a été détecté dans environ 50% des échantillons prélevés. Au même moment, un rapport de service des eaux potables du MEF (Ayotte et Larue, 1990) indique la présence de faibles concentrations de certains herbicides (atrazine, simazine, cyanazine, 2,4-D et MCPA) dans plusieurs prises d'eau municipales en rivière.

Le MEF a donc mis sur pied un programme de suivi (monitoring) des pesticides utilisés spécifiquement pour la culture du maïs. Il a pour objet de connaître l'importance, l'étendue et l'évolution à long terme de la contamination des cours d'eau par les pesticides utilisés dans cette culture.

Les produits les plus fréquemment détectés sont des herbicides, en particulier l'atrazine et ses produits de dégradation dont le dééthyl-atrazine, le métolachlore, la cyanazine, la simazine et le EPTC. Ces herbicides sont principalement utilisés dans la culture du maïs. C'est l'herbicide atrazine qui a été décelé le plus fréquemment et en plus forte concentration. Il a été détecté dans tous les échantillons prélevés dans la zone de culture intensive du maïs. La valeur maximale mesurée pour ce produit pour les années 1992 et 1993 est de 29 µg/L. La concentration se maintient à un niveau assez élevé du début juin à la mi-août. Le risque de contamination des cours d'eau est d'ailleurs plus élevé lorsque des précipitations surviennent dans le mois qui suit l'application des produits au champ (Haith, 1987; Buttle et Harris, 1991).

L'atrazine a été détectée dans tous les échantillons prélevés dans les zones de culture intensive du maïs. En été, dans les petits cours d'eau, les concentrations d'atrazine dépassent fréquemment, soit 30% du temps, la valeur de 2 µg/L reconnue par le

Québec (MENVIQ, 1990; CCMRE, 1987) pour la protection de la vie aquatique, et 11% du temps la valeur de 5 µg/L (Comité Fédéral-Provincial de l'Hygiène du Milieu Aquatique et du Travail, 1993) recommandée pour protéger les humains utilisant l'eau potable. Ce n'est d'ailleurs que pour l'atrazine que l'on observe des dépassements des critères pour l'eau potable. L'analyse statistique des résultats montre de façon significative que le degré de contamination de l'eau par l'atrazine, le dééthyl-atrazine, le métolachlore et la cyanazine est proportionnel aux superficies en culture de maïs. Dans le cas de l'atrazine, les résultats démontrent que lorsque le maïs atteint une densité d'occupation du territoire entre 12 et 25%, on observe des dépassements fréquents (30% du temps et plus) du critère de 2 µg/L. Il est donc possible que certaines prises d'eau municipales en rivière soient touchées par des dépassements occasionnels de la norme d'eau potable pour l'atrazine. Toutefois, comme ces normes sont établies pour une exposition durant toute la vie et en calculant une marge de sécurité, des dépassements occasionnels ne signifient pas forcément que l'eau est impropre à la consommation. L'étude fait aussi ressortir que plusieurs produits sont généralement présents en même temps dans les cours d'eau. Des effets additifs ou synergiques sont possibles. Des études devront être effectuées pour évaluer les effets de mélange de pesticides sur l'écosystème aquatique et sur la santé humaine (Berryman et Giroux, 1994).

1.1.5.2 Au niveau de la qualité des aliments

Il n'y a pas de résidus d'atrazine décelables dans les aliments (Sumner, 1994). On n'a détecté aucun résidu d'atrazine dans 1075 échantillons de nourriture (fruits, légumes, céréales, produits laitiers et vin) au cours d'un programme national de surveillance canadien pour la période 1984-1989 (Gouvernement du Canada, 1990). On a fait le même constat aux États-Unis en analysant 19 851 échantillons entre 1981 et 1986 (Luke *et al.*, 1988). Ainsi, l'eau de consommation est pratiquement la seule voie d'absorption de l'atrazine dans la population générale.

1.1.5.3 Au niveau du sol

L'intensification et la spécialisation dans les cultures sarclées telle que la culture du maïs ont contribué à la dégradation des sols du Québec. L'emploi de machines

agricoles dans des conditions parfois difficiles a pour effet de détruire la structure et de compacter le sol. L'évolution et le déplacement de l'atrazine dans le sol sont très variables et dépendent du type de sol, de la température, du drainage des eaux de pluie et de l'activité biologique. Mais son comportement est bien caractérisé dans les sols agricoles typiques du Québec.

La demi-vie, soit la période de temps nécessaire à 50% du pesticide pour se dégrader dans le sol, est généralement de 20 à 101 jours pour l'atrazine (CIRC, 1991). Sa persistance signifie que ce produit peut être efficace pendant toute la période de culture. Bien que tous les produits agrochimiques soient persistants dans le sol, ceux qui ont une demi-vie plus longue risquent de s'enfoncer en dessous de la rhizosphère et de contaminer l'eau souterraine. La plupart des résidus restent dans les 15 premiers centimètres du sol et jusqu'à 60% sont convertis en résidus liés au cours de la première saison. Ces résidus sont difficiles à extraire lorsqu'on analyse les composantes d'un sol.

La perte par évaporation est inférieure à 1%. Le ruissellement et le lessivage atteignent en moyenne moins de 5% et 1% respectivement de la dose appliquée. La dégradation microbienne et l'hydrolyse constituent les principales voies de dissipation dans la rhizosphère. Mais les microorganismes sont inactifs pendant toute la période hivernale. On peut donc supposer une certaine accumulation. À la surface du sol, la photodégradation peut également contribuer à la dissipation de l'atrazine (Purdy, 1994).

1.1.6 Évaluation du risque / pesticides / maïs

1.1.6.1 Études éco-toxicologiques

Les effets de l'atrazine sur les organismes aquatiques ont été abondamment documentés. Dans la gamme des concentrations observées dans le programme de suivi du MEF, les effets déjà rapportés dans la documentation scientifique comprennent:

- la réduction de croissance des algues vertes (Ramirez-Torrez et O'Flaherty, 1976; Premazzi et Stecchi, 1990);
- l'inhibition partielle de la photosynthèse du phytoplancton (DeNoyelles *et al.*, 1982; Lampert, 1987) et d'une espèce de macrophytes (Huber, 1993);
- des dommages au rein et au foie chez la truite (Veesser, 1990; Negele, 1989);
- une réduction réversible de la productivité primaire, de la production d'oxygène dissous et de la respiration des communautés aquatiques (Trotter *et al.*, 1990).

1.1.6.2 Études toxicologiques

L'USEPA ou United States Environmental Protection Agency joue un rôle important en matière d'environnement aux États-Unis. Elle réglemente entre autres la qualité des eaux destinées à la consommation du pays. D'après cet organisme, l'atrazine, la simazine et la cyanazine causent des tumeurs mammaires chez la femelle du rat Sprague-Dawley. Ces triazines sont toutes classées C par l'USEPA, c'est-à-dire "agent cancérigène possible pour les humains" (voir Tableau 1.6). L'USEPA consulte l'ensemble des études traitant d'un sujet particulier et d'après des critères très précis, elle détermine son classement et les différentes doses acceptables.

L'atrazine n'est pas mutagène d'après cinq études rencontrant les critères de l'USEPA, . L'USEPA utilise le modèle multistade linéarisé pour extrapoler à partir des effets observés en laboratoire à fortes doses afin de connaître la réponse à des doses moins importantes. On obtient un potentiel cancérigène chez l'humain (q_1^*) pour l'atrazine de $2,2 \times 10^{-1} \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$ qui représente le niveau d'exposition correspondant à l'intervalle de confiance à 95% pour maintenir un risque inférieur à 10^{-6} (USEPA, 1988). D'après le Conseil National de Recherche américain (NRC, 1977), l'apport quotidien acceptable (ADI) d'atrazine est de $0,0215 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$.

Tableau 1.6 **Classification des cancérigènes selon l'USEPA (1986, 1988).**

Classe A	Cancérigène chez l'humain	Il existe suffisamment de preuves dans les études épidémiologiques pour appuyer une association causale entre l'exposition à l'agent et le cancer.
Classe B1	Probablement cancérigène chez l'humain	Il existe un nombre limité de preuves dans les études épidémiologiques pour appuyer une association causale entre l'exposition et le cancer.
Classe B2	Probablement cancérigène chez l'humain	Il existe un nombre suffisant de preuves de cancérogénicité dans les études chez l'animal pour appuyer une association causale entre l'exposition et le cancer.
Classe C	Possiblement cancérigène chez l'humain	Il existe un nombre limité de preuves dans les études chez l'animal, ou celles-ci sont équivoques. Les données des études chez l'humain sont absentes ou insuffisantes pour appuyer une association causale entre l'exposition et le cancer.
Classe D	Non classifiés	Agents pour lesquels les preuves de cancérogénicité sont insuffisantes.
Classe E	Aucune preuve de cancérogénicité	Il n'existe aucune preuve de cancérogénicité dans au moins 2 tests animaux bien exécutés sur des espèces différentes ou dans des études épidémiologiques ou animales adéquates.

La simazine n'est pas oncogène chez la souris. On ne sait pas encore si elle est mutagène ou non. Aucune donnée ne supporte un mécanisme hormonal. Elle a un potentiel cancérigène chez l'humain (q_1^*) de $1,2 \times 10^{-1} \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$ (USEPA, 1989). D'après le NRC, l'apport quotidien acceptable (ADI) de simazine est de $0,215 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$. Curieusement, cette valeur est supérieure au q_1^* de l'USEPA. Cependant, cette donnée fut établie en 1977 alors que l'USEPA a institué cette norme en 1993. Des modifications de cette nature se produisent régulièrement lorsque les résultats de nouvelles études indiquent qu'on révisé les doses à la hausse.

L'agence américaine attribue à la cyanazine un pouvoir mutagène. L'USEPA a considéré les éléments suivants pour quantifier le risque: l'induction de tumeurs mammaires chez la rate Sprague-Dawley et sa ressemblance avec les autres triazines bien que la molécule de cyanazine soit plus réactive. On a quantifié le risque qu'a la cyanazine de provoquer un cancer et on a obtenu un q_1^* pour la cyanazine de $8,4 \times 10^{-1} \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$ parce que ce produit induisait la formation d'adénocarcinomes et de carcinosarcomes chez les rates S-D. Puis en 1993, l'USEPA a augmenté son potentiel cancérigène à $1,0 \times 10^0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$. Il n'existe pas d'ADI pour la cyanazine. Le tableau 1.7 résume l'ensemble de ces données. La partie 2.1 présente plusieurs études toxicologiques importantes sur les triazines.

Tableau 1.7 Potentiel cancérigène et apport quotidien acceptable des trois triazines étudiées selon l'USEPA (1988) et le NAS (1977).

Triazines	Potentiel cancérigène chez l'humain $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$	Apport quotidien acceptable $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$
Atrazine	$2,2 \times 10^{-1}$	$2,15 \times 10^{-2}$
Simazine	$1,2 \times 10^{-1}$	$2,15 \times 10^{-1}$
Cyanazine	$1,0 \times 10^0$	-

1.1.6.3 Études épidémiologiques

Yoder et ses collaborateurs (1973) ont examiné les chromosomes de lymphocytes prélevés chez des agriculteurs exposés aux herbicides incluant l'atrazine et ont observé un nombre plus important d'aberrations chromosomiques.

Thériault et De Guire (1982) ont recherché les causes responsables d'un excès de leucémie à St-Hyacinthe survenu entre octobre 1978 et septembre 1979. Ils ont concentré leur recherche sur une dizaine de facteurs dont l'eau de consommation et le contact avec un environnement agricole.

Deux études cas-témoins (Donna *et al.*, 1984 et 1989) menées auprès d'agricultrices de la province d'Alexandrie en Italie, révèlent une association entre l'exposition aux triazines, la durée de cette exposition et la présence de néoplasmes ovariens.

Une étude descriptive de Godon *et al.* (1989) décrit les relations potentielles entre l'utilisation globales des pesticides dans le milieu rural québécois et l'incidence des cancers des tissus lymphatiques, du cerveau et de la leucémie.

Une étude menée par Cantor *et al.* (1985) en Iowa et au Minnesota couvre la période de 1981 à 1984 et s'intéresse à une association possible entre une exposition à l'atrazine et la présence de lymphomes non-Hodgkiniens. Brown *et al.* (1990) ont également étudié ces deux états américains pour évaluer une relation possible entre l'exposition aux triazines et la leucémie.

Une étude menée en Iowa (Munger *et al.*, 1992), démontre une corrélation entre la concentration d'atrazine dans l'eau et des malformations congénitales. Deux études de Zahm *et al.* (1985 et 1986) ont été réalisées au Kansas. Dans la première, on a observé une légère augmentation du cancer du côlon chez les fermiers et d'autres utilisateurs d'atrazine (Zahm *et al.*, 1985). Dans la deuxième, on a démontré une relation significative entre l'utilisation d'atrazine et la présence de lymphomes non-Hodgkiniens. Au Nebraska, Zahm *et al.*, on aussi démontré cette relation atrazine-LNH chez les utilisateurs, avec un risque relatif de 2,0 pour une utilisation de plus de 16 ans (Zahm *et al.*, 1988). La section 2.3 de ce mémoire présente avec plus de détails les plus importantes études épidémiologiques de l'atrazine.

Tableau 1.8 **Principales études descriptives et épidémiologiques sur l'atrazine et d'autres pesticides.**

Auteurs	Année	État ou province (pays)	Effets
Yoder <i>et al.</i>	1973	-	Aberrations chromosomiques
Thériault et De Guire	1982	Québec (Canada)	Leucémie
Donna <i>et al.</i>	1984	Alexandrie (Italie)	Néoplasmes ovariens
Zahm <i>et al.</i>	1985	Kansas (États-Unis)	Cancer du côlon
Cantor <i>et al.</i>	1985	Iowa et Minnesota (États-Unis)	Lymphomes non-Hodgkiniens
Zahm <i>et al.</i>	1986	Kansas (États-Unis)	Lymphomes non-Hodgkiniens
Zahm <i>et al.</i>	1988	Nebraska (États-Unis)	Lymphomes non-Hodgkiniens
Donna <i>et al.</i>	1989	Italie	Néoplasmes ovariens
Godon <i>et al.</i>	1989	Québec (Canada)	Cancer des tissus lymphatiques Cancer du cerveau Leucémie
Brown <i>et al.</i>	1990	Iowa et Minnesota (États-Unis)	Leucémie
Munger <i>et al.</i>	1992	Iowa (États-Unis)	Malformations congénitales

1.2 La question de recherche

De façon prioritaire, il s'agit de vérifier si les populations de Farnham et St-Hyacinthe sont exposées aux triazines (atrazines, simazines et cyanazines) via l'eau potable. Dans un deuxième temps, on voudra vérifier si les concentrations retrouvées dans l'eau de consommation et dans les urines des résidents sont suffisantes pour augmenter le risque de cancer dans les tissus associés principalement à la reproduction sexuelle.

1.3 Le but de la recherche

Le présent projet est mis en place afin de confirmer la présence de triazines dans l'eau du robinet, vérifier l'absorption de ces herbicides chez les habitants de St-Hyacinthe et Farnham et comparer ces résultats avec les doses établies par l'USEPA (United States Environmental Protection Agency), le NAS (National Academy of Sciences), Santé et Bien-Être social Canada et le MEF (Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec) afin de s'assurer qu'il ne s'agit pas d'une situation potentiellement dangereuse pour la santé humaine.

1.4 Objectifs de la recherche

La présente étude devrait permettre d'estimer dans quelle mesure les triazines qui contaminent l'eau potable dans un secteur qui utilise ces substances pour la culture du maïs peuvent être absorbées par l'organisme humain qui consomme cette eau et induire des problèmes de santé.

Plus spécifiquement, les objectifs sont:

1. Estimer l'exposition aux triazines de la population de St-Hyacinthe et de Farnham à partir de données environnementales (dosimétrie externe) et de données biologiques (dosimétrie interne).
2. Comparer les niveaux d'expositions pour les populations de St-Hyacinthe, Farnham et d'un groupe témoin (Montréal).

3. Estimer le risque à la santé de ces populations à partir des paramètres environnementaux et biologiques en comparant les doses reçues aux doses RfD, DWEL, Lifetime health advisory, q_1^* , ADI, SNARL et les normes de l'eau potable du Québec; indicatrices de risques.

1.5 Paramètres environnementaux

Le tableau 1.9 présente le RfD, le DWEL et le Lifetime reconnus par le USEPA en 1993. Le RfD est une estimation d'une exposition quotidienne sans risque appréciable de nuire à la santé d'une population humaine sur une période de 70 ans. Il est calculé à partir du NOAEL (no observed adverse effect level) provenant d'études sur des rats ou des souris pendant 2 ans. Il est ensuite divisé par un facteur d'incertitude. Le DWEL est une donnée nécessaire au calcul du "Lifetime health advisory". Il représente une exposition maximale au contaminant, via l'eau potable, toute la vie durant sans qu'il puisse y avoir d'effets négatifs sur la santé. Ce calcul présume que l'exposition ne se fait que par l'eau de consommation. Pour l'obtenir, on multiplie le RfD par la masse humaine moyenne de 70 kg, puis on divise ce produit par 2 litres d'eau par jour. Le "Lifetime health advisory" ressemble au DWEL, mais il suppose que 20% seulement de l'exposition vient de l'eau de consommation. Puisque les trois triazines sont toutes classées C par l'USEPA, c'est-à-dire "agent cancérigène possible pour les humains", l'USEPA a ajouté un facteur d'incertitude de 10. Par conséquent, pour calculer le "Lifetime health advisory" de l'atrazine, la simazine et la cyanazine, on doit multiplier le DWEL par 0,20 puis diviser ce produit par 10. Le q_1^* vient de l'USEPA (1993) qui réglemente la qualité des eaux destinées à la consommation aux États-Unis. Ce modèle est conservateur et suppose qu'une exposition, si infime soit-elle, peut représenter un risque pour la santé. L'USEPA utilise le modèle multistade linéarisé pour établir sa réglementation en extrapolant à partir des effets observés en laboratoire à fortes doses afin de connaître la réponse à des doses moins importantes. On obtient un potentiel cancérigène chez l'humain (q_1^*) pour l'atrazine de $0,22 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$, pour la simazine de $0,12 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$ et pour la cyanazine de $0,84 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$ qui représente 95% de la limite de confiance supérieure de l'induction probable d'une tumeur à partir d'une dose unitaire (USEPA, 1993).

Tableau 1.9 RfD, DWEL, Lifetime et q_1^* des trois pesticides étudiés d'après l'USEPA, 1993.

TRIAZINES	RfD mg•kg ⁻¹ •jour ⁻¹	DWEL mg/L	Lifetime mg/L	q_1^* mg•kg ⁻¹ •jour ⁻¹
Atrazines	0,035	0,2	0,003	0,22
Simazines	0,005	0,06	0,001	0,12
Cyanazines	0,002	0,07	0,001	0,84 ou 1,0

Légende: RfD: "Reference dose"
 DWEL: "Drinking-water equivalent level"
 Lifetime: "Lifetime health advisory"
 q_1^* : "Cancer potency factor" ou "unit cancer risk" ou
 "oral slope factor"
 USEPA: "United States Environmental Protection Agency"

Le tableau 1.10 présente les limites de détection, les normes d'eau potable adoptées en décembre 1993 par le comité fédéral-provincial de l'hygiène du milieu et du travail pour la somme de l'atrazine et de ses produits de dégradation et les recommandations formulées par Santé nationale et Bien-être social Canada (SNBSC, 1993). Chacune de ces valeurs est basée sur une consommation à vie et représente la concentration à laquelle une substance peut se trouver dans l'eau potable sans entraîner d'effets néfastes sur la santé. Le respect de ces valeurs indique que l'eau est propre à la consommation. Il est important de souligner que les dépassements occasionnels de ces critères ou normes ne signifient pas que l'eau est impropre à la consommation, car il s'agit de critères ou normes basés sur la consommation à vie. Les dépassements occasionnels sont des sonnettes d'alarme révélant la nécessité d'entreprendre une évaluation environnementale et sanitaire et de déterminer les interventions adéquates. Le tableau 1.10 présente aussi le ADI et le SNARL reconnus par le NAS (National Academy of Sciences) d'après le NRC (National Research council, 1977). L'ADI correspond à la dose quotidienne maximale ne produisant aucun effet observable divisé par un facteur d'incertitude qui varie entre 10 et 1000 selon la quantité et la qualité des données disponibles. L'ADI est l'équivalent du RfD de l'USEPA. Le SNARL est comparable au "Lifetime health advisory" de l'USEPA et est calculé à partir de l'ADI. Cette fois encore, on fait le calcul pour une période de 70

ans, avec une masse de 70 kg et une consommation quotidienne de 2 litres d'eau. Le SNARL suppose aussi que 20% de l'exposition vient de l'eau de consommation.

Tableau 1.10 **Limite de détection , normes de qualité de l'eau, ADI, et SNARL des pesticides étudiés d'après le MEF, le SNBSC et la NAS.**

TRIAZINES	Limite de détection µg/L	Normes de l'eau potable µg/L	ADI mg•kg ⁻¹ •jour ⁻¹	SNARL mg/L
Atrazines	0,04	5	0,0215	0,150
Simazines	0,04	10	0,2150	1,505
Cyanazines	0,03	10	-	-

Légende: ADI: "Acceptable daily intake"
 SNARL: "Suggested no adverse response level"
 MEF: Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec
 SNBSC: Santé nationale et Bien-être social Canada
 NAS: "National Academy of Sciences"

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Pour confirmer la présence de triazines dans l'eau du robinet des individus soumis à l'étude les jours précédant le prélèvement biologique, le MEF (ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec) a collaboré en procédant aux analyses de l'eau consommée par les participants de Farnham, St-Hyacinthe et Montréal. Les triazines furent recherchées par immuno-essai et validées par balayage chromatographique. Afin de vérifier l'absorption de ces herbicides chez les habitants de ces deux municipalités, le Centre de toxicologie du Québec (CTQ) a lui aussi apporté sa contribution en quantifiant la présence de l'atrazine et de ses métabolites dans l'urine de quelques participants.

2.1 Type d'étude

Il s'agit d'une évaluation de risque utilisant les données d'une étude descriptive de type transversal. Deux groupes d'individus ont été comparés, l'un consommant de l'eau potentiellement contaminée avec des triazines et l'autre consommant de l'eau non contaminée.

Les niveaux d'exposition estimés à partir des paramètres environnementaux et biologiques ont été comparés chez les sujets exposés et non-exposés (groupe témoin).

Ces doses ont ensuite été comparées aux doses recommandées par l'USEPA, le NAS et le MEF afin d'évaluer le risque des populations de Farnham et St-Hyacinthe.

2.2 Population

a) Groupe exposé

Les individus qui habitent les régions de St-Hyacinthe et Farnham constituaient le groupe de référence. Au total, vingt adultes (dix de St-Hyacinthe et dix de Farnham) ont participé à l'étude.

b) Groupe témoin

Le groupe témoin (vingt individus) fut recruté auprès de la population montréalaise. Afin de s'assurer que le groupe témoin n'était pas exposé aux contaminants visés par cette étude, on leur a fourni de l'eau embouteillée trois jours avant le prélèvement urinaire.

Tableau 2.1 Présentation détaillée du groupe exposé et du groupe témoin ainsi que le nombre de prélèvements d'eau et d'urine de chaque groupe.

Groupe exposé	20 personnes	10 de Farnham	5 lors de la semaine 1	3 prélèvements d'eau	10 prélèvements d'urine
			5 lors de la semaine 2	3 prélèvements d'eau	10 prélèvements d'urine
		10 de St-Hyacinthe	5 lors de la semaine 1	3 prélèvements d'eau	10 prélèvements d'urine
			5 lors de la semaine 2	3 prélèvements d'eau	10 prélèvements d'urine
Groupe témoin	20 personnes	toutes de Montréal	10 lors de la semaine 1	3 prélèvements d'eau	10 prélèvements d'urine
			10 lors de la semaine 2	3 prélèvements d'eau	10 prélèvements d'urine
TOTAL: Nombres souhaités	40		40	18	60
Nombres réels	40		40	13 12 du GE 1 seul du GT	5 2 Farnham 3 St-Hyacinthe 0 Montréal

2.3 Taille de l'échantillon

Au total, vingt individus potentiellement exposés ont été comparés à vingt individus non-exposés. Dans la population exposée, deux prélèvements d'urine par individu furent requis alors que dans la population non-exposée, un seul prélèvement fut fait. Au total, quarante prélèvements d'urine chez les sujets exposés devaient être comparés à vingt prélèvements chez les sujets non-exposés.

2.4 Collecte des données

La saisie de l'information fut faite à l'aide d'un questionnaire qui contenait les éléments suivants: nom, prénom, âge, date de naissance, adresse, téléphone, sexe, poids, quantité d'eau du robinet consommée, quantité d'eau du robinet absorbée via d'autres consommations (thé, café, jus, soupe, autres), contact cutané via le bain et la douche, date de prélèvement (13, 15, 20 ou 22 juin 1995). Les protocoles de prélèvements à l'intention des participants et les questionnaires sont déposés à l'annexe 8. Le questionnaire fut complété par chacun des individus soumis à l'étude et fut remis lors de la cueillette des prélèvements (15 ou 22 juin 1995).

Il s'agissait de deux semaines consécutives qui s'étalaient du 11 au 24 juin 1995. C'est au cours de cette période, que les agriculteurs procèdent habituellement à l'application de l'atrazine sur le maïs. L'atrazine doit être appliquée avant que le maïs n'atteigne 30 centimètres de haut. Chaque semaine, 5 personnes de Farnham et 5 personnes de St-Hyacinthe devaient boire 1,5 litres d'eau du robinet les lundi et mercredi et recueillir un échantillon d'urine le mardi et le jeudi matin au réveil. Trois personnes sur 5 devaient également recueillir un échantillon d'eau du robinet le mercredi, veille du deuxième prélèvement d'urine. Un échantillon d'eau embouteillée fut également prélevé à Montréal.

2.5 Procédures pour les analyses toxicologiques

Les échantillons d'urine furent recueillis dans des contenants stériles et conservés dans les réfrigérateurs des participants. Chaque jeudi, ils furent expédiés dans des

glacières au laboratoire du CTQ de Québec à la fin de chacune des sessions de prélèvements.

2.5.1 Méthode analytique

En résumé la technique consiste d'abord à extraire les triazines de l'urine à pH 11 avec un mélange d'acétate d'éthyle, d'éther éthylique et d'hexane (5:3:2). Une portion de la phase organique est ensuite amenée à sec. Après reprise de l'extrait avec le diméthylformamide, la méthylation des triazines est effectuée par l'iodométhane et l'hydru de sodium. La réaction est effectuée dans un bain de sable chauffé à 45°C pendant une période de 30 minutes. La méthylation terminée, les produits de réaction sont solubilisés dans l'éthylacétatehexane (10 ml) et la majeure partie de l'hydru de sodium est éliminée par filtration. L'hydru de sodium et l'iodométhane résiduels sont alors détruits par l'addition d'eau distillée et de carbonate de sodium. La phase organique est alors concentrée et analysée par GC-MS en mode de dépistage sélectif d'ions (Guillot *et al.*, 1995). La limite de détection de cette technique est de 5 µg/L.

2.6 Procédures pour les analyses de l'eau

Les échantillons d'eau furent recueillis dans des contenants stériles et conservés dans les réfrigérateurs des participants. Ils furent expédiés dans des glacières individuelles au laboratoire du MEF de Québec à la fin de chacune des deux semaines étudiées. Chaque mercredi, trois échantillons d'eau du robinet de trois domiciles différents furent prélevés à St-Hyacinthe et à Farnham pendant les deux semaines à l'étude. Pour le groupe non-exposé, un seul prélèvement d'eau embouteillée fut réalisé lors de la première semaine. Au total, sept échantillons d'eau furent expédiés à Québec à la fin de la semaine 1 et six le furent à la fin de la semaine 2. Les triazines furent recherchées par immuno-essai et validées par balayage chromatographique.

2.6.1 Principe et théorie de la méthode immunoenzymatique

Les méthodes immunoenzymatiques sont des techniques qui permettent de détecter un composé cible appelé antigène (atrazine dans notre cas), en utilisant un anticorps

qui se fixe spécifiquement à ce composé. L'antigène et l'anticorps ont des structures moléculaires complémentaires; ils réagissent et forment un complexe. Cette réaction est spécifique et sélective de sorte qu'elle permet d'atteindre des limites de détection très basses.

Dans le cas des petites molécules comme l'atrazine, on doit lui greffer une macromolécule (l'albumine par exemple) pour introduire la formation d'anticorps qui sont produits par un animal (souris, lapin, etc.).

Cet anticorps est greffé sur les parois des microcuvettes. Par la suite, l'atrazine contenu dans l'échantillon et l'enzyme conjugué ajouté se fixent de manière compétitive aux sites limités de l'anticorps. Après lavage de la microcuvette, l'addition de réactifs conduit à la formation avec l'enzyme conjugué d'un produit coloré facilement détectable. Plus il y aura d'atrazine dans l'échantillon, moins l'enzyme conjugué pourra se fixer à l'anticorps et moins la coloration sera intense. Nous avons donc une colorimétrie inverse.

2.6.2 Particularités de la trousse choisie

Plusieurs compagnies offrent des trousse immunoenzymatiques pour la détection de l'atrazine ou des triazines. Après une évaluation détaillée, la Direction des Laboratoires du MEF a arrêté son choix sur la trousse "EnviroGard", celle-ci offrant une stabilité et une limite de détection conformes à leurs applications. La trousse comprend une microplaque contenant 96 microcuvettes.

Ce choix a été validé entre autres par une étude parallèle (avec la chromatographie gazeuse) portant sur 338 échantillons réels d'eau de surface et souterraine. Cette étude n'a révélé aucun faux positif et aucun faux négatif. De plus, le coefficient de corrélation de 0,975 entre les deux techniques démontre que la trousse immunoenzymatique produit des résultats quantitatifs d'atrazine.

Une limite de détection sécuritaire a été évaluée à 0,04 µg/L (la compagnie propose une limite de 0,02 µg/L pour l'atrazine). Cependant, cette méthode ne peut différencier les pesticides de type triazine; c'est ce que l'on appelle la réactivité

croisée, c'est-à-dire la réponse plus ou moins importante de triazines autres que l'atrazine au test. Les autres triazines qui réagissent au test de façon significative (propazine, amétryne, prométryne, simazine et prométron) ont finalement peu d'importance pour nous car elles sont peu ou pas du tout utilisées. C'est d'ailleurs ce que confirme en partie l'analyse chromatographique.

2.6.3 Contrôle de qualité

Le prélèvement des échantillons s'effectue dans des contenants en verre de 1 litre préalablement lavés conformément aux procédures pour l'analyse organique. Un papier d'aluminium est fixé sur le goulot de la bouteille pour éviter le contact de l'échantillon avec le bouchon. Après le prélèvement, l'échantillon est placé dans une glacière maintenue à $\approx 4^{\circ}\text{C}$ et acheminé au laboratoire.

Un délai maximum de 7 jours pour réaliser l'analyse est respecté. Seule une petite quantité d'échantillon ($\approx 100\ \mu\text{L}$) est nécessaire pour l'analyse par immunoessai. Cependant, il faut prévoir l'éventualité d'une confirmation par l'analyse chromatographique exigeant un plus grand volume d'échantillon. Le niveau d'atrazine au-delà duquel une confirmation et une validation du résultat sera faite par chromatographie dépend des besoins de chaque client.

Pour chaque série de 20 échantillons, le MEF effectue toutes les analyses en duplicata. Chaque série comprend un contrôle négatif, une courbe standard avec trois solutions-étalons d'atrazine et un échantillon fortifié. De plus, un contrôle de qualité externe est fréquemment analysé.

Le lecteur de microplaque permet d'obtenir les valeurs en absorbance à 450 nm et les résultats sont calculés à l'aide d'une fonction semi-logarithmique.

2.6.4 Principe et théorie de la chromatographie gazeuse

Une méthode d'analyse multirésiduelle permettant l'extraction, l'identification et la quantification de 34 pesticides et métabolites est utilisée à la Direction des

Laboratoires du MEF. Ces pesticides sont des organophosphorés, des triazines (dont l'atrazine) et d'autres pouvant être détectés par cette méthode.

L'extraction et la purification s'effectuent par passage d'un volume déterminé d'échantillon d'eau sur un support solide, soit une colonne de type octadécyle (C-18). Par la suite, l'élution des pesticides à partir de cette colonne se fait avec une solution d'acétate d'éthyle saturée d'eau. Cette technique permet de concentrer l'échantillon 1000x (150 mL - 150 µL).

Le dosage est réalisé à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse muni d'une colonne capillaire de 30 mètres. Il s'agit d'une colonne de type DB5. Le gaz vecteur est l'hélium. On obtient ainsi une très bonne résolution permettant la séparation et l'identification de tous les pesticides. La température initiale du four est de 100°C pendant 4 minutes, puis on a un gradient de température avec une programmation de 10°C par minute jusqu'à 150°C et ensuite une programmation de 5°C par minute jusqu'à 240°C avec un plateau de 6 minutes à cette température.

Un spectromètre de masse (MSD) en mode "ions sélectifs" est utilisé comme détecteur des 34 pesticides et métabolites présentés à l'annexe 9. Le choix d'au moins trois masses (ions) par molécule élimine presque totalement les interférences et les risques d'erreur. En effet, en plus du temps de rétention, la masse des fragments moléculaires choisis et leur abondance relative sont caractéristiques d'une seule et même molécule.

2.6.5 Particularités du balayage chromatographique

Par cette méthode d'analyse, on peut détecter et quantifier de façon précise non seulement l'atrazine mais aussi d'autres triazines (simazine, cyanazine, métribuzin) et des métabolites (dééthyle atrazine, dééthyle simazine).

De plus, des pesticides associés aux cultures de maïs et utilisés en association avec l'atrazine (par exemple, le métolachlore), sont détectés et quantifiés. En tout, 34 pesticides et métabolites sont recherchés avec ce balayage.

Cette analyse est utilisée directement pour caractériser un échantillon ou comme méthode de confirmation et de validation à la suite d'un résultat d'atrazine élevé par la technique immunoenzymatique. On pourra ainsi identifier d'autres triazines ayant pu influencer le test d'immunoessai ou encore d'autres pesticides présents dans l'échantillon.

2.6.6 Contrôle de qualité

Le prélèvement s'effectue selon les mêmes modalités que pour l'analyse par immunoessai. Si le balayage chromatographique devient nécessaire suite au test immunoenzymatique, la même bouteille est utilisée pour effectuer l'analyse. Un volume minimum de 150 mL est alors requis et un délai maximum de 7 jours entre le prélèvement et l'extraction est respecté.

Pour chaque série de 10 échantillons, on analyse un blanc et un échantillon fortifié avec les 34 pesticides. Un contrôle de qualité externe préparé par un autre service est aussi fréquemment utilisé.

De plus, on ajoute dans chaque échantillon deux étalons d'extraction (surrogate) avant de procéder à l'analyse et aussi deux étalons d'injection (standard interne) avant le dosage instrumental. Le standard interne est un mélange de deux substances, le terbutryn et l'iprodion. Le niveau de récupération de ces étalons permet de valider les résultats obtenus lors de l'analyse chromatographique. La quantification est faite par standardisation externe avec un étalon de calibration.

Les limites de détection présentées au tableau 2.2 ont été obtenues de façon statistique et correspondent à trois fois l'écart-type d'une série de 10 résultats d'analyses d'échantillons d'eau fortifiés près de la limite de détection estimée. Ces limites sont obtenues avec un facteur de concentration de 1000. Pour l'atrazine, cette limite est la même que celle évaluée pour la méthode immunoenzymatique soit 0,04 µg/L.

Tableau 2.2 Limites de détection des 34 pesticides.

Organophosphorés, triazines et autres	Limites de détection dans l'eau de surface et souterraine (µg/L)	Organophosphorés, triazines et autres	Limites de détection dans l'eau de surface et souterraine (µg/L)
Dichlorvos	<0,04	Disulfoton	<0,03
Diuron	<0,2	Chlorothalonil	<0,06
EPTC	<0,02	Métribuzine	<0,04
Mévinphos	<0,04	Méthyle parathion	<0,03
Butylate	<0,02	Carbaryl	<0,03
Tébuthiuron	<0,2	Chloroxuron	<0,1
Dééthyle simazine	<0,03	Fénitrothion	<0,04
Dééthyle atrazine	<0,03	Linuron	<0,08
Trifluraline	<0,06	Cyanazine	<0,04
Phorate	<0,04	Malathion	<0,02
Diméthoate	<0,03	Métolachlore	<0,02
Simazine	<0,02	Chlorpyrifos	<0,03
Carbofurane	<0,04	Éthyle parathion	<0,06
Atrazine	<0,04	Chlofenvinphos	<0,06
Terbufos	<0,06	Phoamet	<0,05
Fonofos	<0,02	Azinphos-méthyl	<0,08
Diazinon	<0,02	Phosalone	<0,03

2.7 Analyse statistique

Les moyennes des valeurs quantitatives ont été calculées pour chaque groupe en fonction de l'exposition et comparées entre elles à l'aide d'un test de Student (test-t) pour échantillons indépendants. Il s'agit des moyennes des doses d'atrazine ingérées par les participants calculées à partir des analyses de l'eau de consommation par le MEF en fonction des volumes absorbés. On a également comparé les valeurs

obtenues lors de la première semaine d'échantillonnage avec celles obtenues lors de la deuxième semaine de prélèvements d'eau de consommation des deux villes étudiées.

2.8 Estimation du risque

Pour chaque participant, les concentrations de triazines retrouvées dans l'eau ont été multipliées par la quantité d'eau consommée (eau du robinet, thé, café, jus, etc.) par les participants afin d'estimer la dose absorbée. On a ignoré les autres voies d'entrée. Ces doses ont ensuite été divisées par la masse des individus pour évaluer la quantité de ces triazines et de ces dérivés pour chaque unité de poids corporel. Ces résultats apparaissent aux tableaux 4.7, 4.8, 4.10 et 4.11 de la partie "RÉSULTATS".

Les moyennes des doses absorbées des trois triazines étudiées ont été calculées en milligrammes et en milligrammes par kilogramme par jour afin de les comparer avec les doses recommandées par l'USEPA, le NAS et le MEF comme le montrent les tableaux 4.13, 4.14, 4.15, 4.16 et 4.17 de la partie "RÉSULTATS".

3. LA RECENSION DES ÉCRITS

3.1 Études toxicologiques

3.1.1 La simazine

Une étude réalisée chez les rats Sprague-Dawley sur une période de deux ans révèle une augmentation significative des tumeurs mammaires et de la mortalité chez les femelles en fonction de la dose ingérée (0, 10, 100 et 1000 ppm). On a aussi observé chez les rates, une augmentation des adénomes rénaux et des adénomes et/ou des carcinomes de la glande pituitaire. Un adénome est une tumeur bénigne qui se développe dans une glande alors qu'un carcinome est un cancer à structure épithéliale prédominante. On a observé moins de décès chez les mâles ayant subi le même traitement mais ils présentaient une combinaison d'adénomes et de carcinomes à fortes doses (McCormick *et al.*, 1988).

Chez la souris, la simazine n'a pas été démontrée cancérigène. On ne sait pas encore si elle est mutagène. À partir des données chez le rat, l'USEPA a estimé le risque qu'a la simazine de provoquer un cancer chez l'humain. L'agence a obtenu un potentiel cancérigène (q_1^*) pour la simazine de $1,2 \times 10^{-1} \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$ qui représente 95% de la limite de confiance supérieure de l'induction probable d'une tumeur à partir d'une dose unitaire (USEPA, 1989). Aucune donnée n'appuie un mécanisme hormonal direct pour former de telles tumeurs.

D'après le groupe de travail de l'agence internationale de recherche sur le cancer (CIRC, 1991), des études plus anciennes sont inutilisables pour évaluer le potentiel cancérigène de la simazine parce qu'elles ne respectent pas la méthodologie plus stricte actuelle. Elles proviennent de l'US National Technical Information Service (1968), Innes *et al.* (1969) et Pliss et Zabezhinsky (1970). Dans ces études, on vérifiait les effets de la simazine sur des souris et des rats par voie orale ou par injection sous-cutanée. Le tableau 3.1 résume ces différentes recherches.

Tableau 3.1 Études sur la simazine.

Auteurs et année	Animaux étudiés	Effets sur la santé
Mc Cormick <i>et al.</i> 1988	Rats Sprague-Dawley	<ul style="list-style-type: none"> - augmentation des tumeurs mammaires en fonction de la dose - augmentation de la mortalité - augmentation des adénomes rénaux - augmentation des adénomes de la glande pituitaire - augmentation des carcinomes de la glande pituitaire
USEPA, 1989	Souris	<ul style="list-style-type: none"> - non cancérigène - mutagène (?) - pas de mécanisme hormonal direct
US Technical Information Service, 1968 Innes <i>et al.</i> , 1969 Pliss <i>et Zabiensky</i> , 1970	Souris	- recherches non valables pour évaluer le potentiel cancérigène de la simazine d'après une évaluation du CIRC (1991)

3.1.2 La cyanazine

Chez les rats Sprague-Dawley, on a administré des doses de 0, 1, 5, 25, ou 50 ppm de cyanazine quotidiennement pendant deux ans. On a découvert une augmentation significative d'adénocarcinomes et de carcinosarcomes des glandes mammaires à 25 et 50 ppm avec une tendance positive. On a également remarqué des lésions de la moelle osseuse et de la rate chez les mâles et une démyélinisation du nerf sciatique chez les femelles (Bogdanffy, 1990).

On n'a rien trouvé chez la souris. On croit cependant que la cyanazine est mutagène. L'USEPA a quantifié le risque qu'a la cyanazine de provoquer un cancer chez l'humain. L'agence a obtenu un q_1^* pour la cyanazine de $8,4 \times 10^{-1} \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$

parce que ce produit induisait la formation d'adénocarcinomes et de carcinosarcomes chez les rates S-D. Puis l'USEPA a augmenté le q_1^* à $1,0 \times 10^0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$ qui représente 95% de la limite de confiance supérieure de l'induction probable d'une tumeur à partir d'une dose unitaire (USEPA, 1993). Le tableau 3.2 résume ces recherches.

Tableau 3.2 **Études sur la cyanazine.**

Auteurs et année	Animaux étudiés	Effets sur la santé
Bogdanffy, 1990	Rats Sprague-Dawley	<ul style="list-style-type: none"> - augmentation des adénocarcinomes des glandes mammaires - augmentation des carcinosarcomes des glandes mammaires - lésions de la moelle osseuse - lésions de la rate - démyélinisation du nerf sciatique
USEPA, 1993	Souris	- non cancérigène

3.1.3 L'atrazine

La dose létale (DL₅₀) par voie digestive de l'atrazine est de 3000 mg/kg de poids corporel chez le rat et de 1750 mg/kg chez la souris (Bashmurin, 1974). La dose létale par voie cutanée chez le lapin est > 2000 mg/kg de poids corporel. Il est irritant pour les yeux des lapins en plus de produire de l'érythème marqué à un dosage de 2800 mg/kg p.c. (Gzhegot'skiy *et al.*, 1977; USEPA 1985). D'après Ciba-Geigy (1988), la dose létale (DL₅₀) par voie digestive de l'atrazine est de 1869 mg/kg chez le rat et de >3000 mg/kg chez la souris. De leur côté, Gaines et Linder (1986), ont déterminé cette dose létale (DL₅₀) comme étant de 737 mg/kg de poids corporel chez le rat mâle, 672 mg/kg chez la femelle et 2310 mg/kg chez les rats. Ils notent donc une plus grande sensibilité des jeunes animaux à l'atrazine. Cette étude rapporte également une DL₅₀ dermique supérieure à 2500 mg/kg chez le rat.

Selon Molnar (1971), 6% des rats qu'on a gavé de 3000 mg/kg sont morts en moins de 6 heures, et 25% des autres sont décédés en moins de 24 heures. Les rats morts la première journée, présentaient de l'œdème pulmonaire, une dilatation cardiaque et des hémorragies de la rate et du foie. Les rats morts la deuxième journée avaient une broncho-pneumonie hémorragique et des modifications dystrophiques des muqueuses tubulaires rénales. Les rats sacrifiés après 24 heures, souffraient d'œdème cérébral et présentaient des changements histochimiques au niveau des poumons, du foie et du cerveau.

Dans une étude avec des moutons ayant reçu de l'atrazine à des doses de 5, 10, 25, 50, 100, 250 ou 400 mg•kg⁻¹•jour⁻¹ et des vaches ayant reçu des doses de 10, 25, 50, 100 ou 250 mg•kg⁻¹•jour⁻¹, Palmer et Radeleff (1969) ont observé des spasmes musculaires, une démarche et une posture différentes, ainsi qu'une perte d'appétit pour tous les groupes chez les moutons et à 25 mg/kg chez les bovins. L'autopsie a révélé une hémorragie dans les tissus du cœur et une congestion des reins, du foie et des poumons. Les effets observés semblent être reliés à la dose absorbée. Ainsi, on peut identifier dans cette étude, un LOEL ("Lowest Observed Effect Level") de 5 mg•kg⁻¹•jour⁻¹ chez les moutons et un NOAEL ("No Observed Adversed Effect Level") de 10 mg•kg⁻¹•jour⁻¹ chez les vaches.

Chez les rats Sprague-Dawley, Mayhew et collaborateurs (1986) ont administré dans la diète des rongeurs, des doses de 0, 2, 14, 100 ou 200 mg•kg⁻¹•jour⁻¹ (0, 10, 70, 500 ou 1000 ppm) d'atrazine tous les jours pendant deux ans. Ils ont observé une augmentation significative de fibroadénomes des glandes mammaires avec une dose quotidienne de 200 mg•kg⁻¹•jour⁻¹ (1000 ppm); des adénocarcinomes des glandes mammaires à 14, 100 et 200 mg•kg⁻¹•jour⁻¹ (70, 500 et 1000 ppm) et des ensembles de tumeurs de la glande mammaire à 200 mg•kg⁻¹•jour⁻¹ (1000 ppm). Ils ont également constaté une augmentation de l'incidence des cellules cancéreuses interstitielles des testicules des mâles exposés à de fortes doses. Les chercheurs ont noté une augmentation de la dégénérescence de la rétine et une nécrose du foie chez les rates soumises à de fortes doses. Ils ont rapporté une diminution de poids chez les deux sexes [LOEL: 100 mg•kg⁻¹•jour⁻¹ (500 ppm) et NOEL: 14 mg•kg⁻¹•jour⁻¹ (70 ppm)]. Le tableau 3.3 résume les données sur les tumeurs mammaires causées par l'atrazine chez les rates Sprague-Dawley et Fisher 344.

Tableau 3.3 **Données sur les tumeurs mammaires causées par différentes doses d'atrazine chez les rates Sprague-Dawley.**

Étude (année)	Résultats Tumeurs mammaires	Taux d'administration (ppm)	
		Pas d'incidence accrue	Incidence accrue
Rates Sprague-Dawley			
1960	Négatif	250	
1979	Positif	10, 100	100
1986	Positif	10	70, 500, 1000
1987	Négatif	10, 50, 500	
1991	Positif	70	400
Rates Fisher 344			
1991	Négatif	10 à 400	

Source: Ciba-Geigy Canada Ltée, 1994

Les laboratoires Hazelton (1961) ont mené une étude de 2 ans chez des rats ayant reçu 0, 1, 10 ou 100 ppm d'atrazine (0; 0,05; 0,50 ou 5,0 mg•kg⁻¹•jour⁻¹). Après 65 semaines, on a augmenté la dose de 1 ppm à 1 000 ppm (50 mg•kg⁻¹•jour⁻¹). Aucune pathologie reliée au traitement n'a été trouvée à 26 semaines, à 52 semaines, à 2 ans, ou chez les animaux morts au cours de l'étude. Les résultats d'analyse du sang et de l'urine étaient normaux. L'atrazine n'avait aucun effet sur l'apparence générale ou le comportement des rats. Après 20 semaines de traitement à 10 et 100 ppm, certaines bêtes avaient le pelage plus rugueux ou la chair de poule; ces manifestations avaient disparu à 52 semaines. Les gains de poids, la consommation de nourriture et la survie étaient semblables dans tous les groupes pendant 18 mois, mais entre 18 et 24 mois, il y a eu beaucoup de mortalité reliée à des infections non attribuables à l'atrazine. Ces décès limitent l'utilité de cette étude dans l'attribution d'un NOAEL pour la toxicité chronique de l'atrazine.

L'exposition chronique à l'atrazine fut également vérifiée par Woodard Research Corporation (1964) chez les chiens beagles ayant reçu 0, 15, 150 ou 1 500 ppm (0; 0,35; 3,5 ou 35 mg•kg⁻¹•jour⁻¹) d'atrazine pendant 2 ans. On observait spécifiquement le taux de survie, les gains de poids, la consommation de nourriture, le comportement, l'apparence, la composition du sang et des urines, la masse des organes et les changements histologiques. On n'a observé aucune toxicité chez les chiens à 15 ppm (0,35 mg•kg⁻¹•jour⁻¹) mais à 150 ppm (3,5 mg•kg⁻¹•jour⁻¹), les femelles mangeaient moins et la masse de leur foie et de leur coeur avait augmenté. Pour le groupe traité à 1 500 ppm (35 mg•kg⁻¹•jour⁻¹), les chiens mangeaient moins et leurs glandes surrénales avaient une masse plus importante, leur hématocrite diminuait et ils avaient des raideurs et des tremblements occasionnels des pattes arrières. Il n'y avait pas de différence du côté histologique parmi tous les groupes exposés. À partir de ces résultats, on a identifié un NOAEL de 0,35 mg•kg⁻¹•jour⁻¹ pour l'atrazine.

Une étude de Ciba-Geigy (1987) fut menée avec des chiens beagles de 6 mois pour vérifier l'exposition chronique à l'atrazine (97 % d'ingrédient actif) ayant reçu 0, 15, 150 ou 1 000 ppm (0; 0,48; 4,97 ou 33,65/33,8 (mâle/femelle) mg•kg⁻¹•jour⁻¹) d'atrazine pendant 2 ans. Il y avait 6 chiens mâles et 6 chiens femelles dans le groupe témoin et dans le groupe exposé à la plus forte dose. Il y avait 4 chiens de chaque sexe pour les groupes intermédiaires. On a dû sacrifier un mâle du groupe intermédiaire et un mâle et une femelle du groupe le plus exposé qui étaient moribonds. On a observé une diminution de poids et de la consommation de nourriture chez les plus exposés. Tout au long de l'étude, une diminution statistiquement significative (p<0,05) des paramètres hématopoïétiques (nombre de globules rouges, hémoglobine et hématocrite) fut observée chez les mâles du groupe le plus exposé ainsi qu'une légère augmentation du nombre de plaquettes. Toujours chez les mâles du groupe le plus exposé, une diminution des protéines totales et de l'albumine (p<0,05) fut observée et une diminution de la quantité de calcium et des chlorures. La masse relative du foie des mâles de ce groupe était aussi plus importante. Chez les femelles du groupe le plus exposé, on a remarqué une augmentation du sodium et du glucose, et une diminution de la masse du coeur. Les femelles exposées aux doses intermédiaires présentaient une augmentation de la masse du coeur et du rapport masse cardiaque/masse cérébrale. L'effet le plus significatif de l'atrazine dans cette étude, fut observé chez les chiens des deux sexes

du groupe le plus exposé. Il s'agit d'une dégénérescence du myocarde. À 17 semaines, les chercheurs notaient déjà plusieurs anomalies cardiaques. Dans cette étude, le LOAEL est $4,97 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$ et le NOAEL est $0,48 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$.

Une étude de 2 ans sur l'exposition chronique à l'atrazine (98,9 % d'ingrédient actif) et de sa carcinogénicité fut menée par Ciba-Geigy en 1986. Cette fois, les chercheurs ont utilisé des rats Sprague-Dawley de 37 ou 38 jours, ayant reçu des doses de 0, 10, 70, 500 ou 1000 ppm (0; 0,5; 3,5; 25 ou $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$). Suite à la période d'alimentation, 20 rats/sexe/dose furent sélectionnés pour mesurer différents paramètres. Pendant 2 ans, on a administré ces doses à 50 rats/sexe/dose, et 10 rats supplémentaires par sexe servaient de groupe témoin qu'on sacrifiait après 12 mois ainsi qu'un autre 10 rats/sexe exposés à la plus forte dose (1000 ppm) qu'on sacrifiait aussi après 12 mois. Un autre groupe de 10 rats/sexe à 1000 ppm était abattu après 13 mois d'expérimentation. Le nombre total de rats/sexe dans le groupe témoin et le groupe exposé était de 90 et 70 pour les groupes soumis à des doses de 10, 70 et 500 ppm. Les mâles et les femelles ayant reçu des doses moyennes et élevées, avaient un poids corporel plus petit que pour ceux du groupe témoin. Les femelles qui avaient reçu des doses élevées avaient un taux de survie inférieur aux mâles qui survivaient plus longtemps que le groupe témoin. Les chercheurs observèrent aussi une diminution des rapports organe/poids corporel chez les rats du groupe de 1000 ppm, une dégénérescence de la rétine et des nécroses du foie des femelles. Une dégénérescence des muscles des membres postérieurs fut observée chez les 2 sexes du groupe le plus exposé. Chez les souris femelles nourries à 1000 ppm, une augmentation significative des fibroadénomes des glandes mammaires fut observée. À 70, 500 et 1000 ppm, les adénocarcinomes des glandes mammaires étaient plus nombreux. Les auteurs identifièrent un LOAEL de $25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$ pour la carcinogénicité et un NOAEL de $3,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$. Cependant, on a noté une activité oncogénique à $3,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$ chez les femelles. On a observé chez elles une plus grande incidence des tumeurs des glandes mammaires.

Ciba-Geigy (1987) a aussi présenté les résultats d'une recherche de 91 semaines avec des souris CD-1 (60 souris/sexe/groupe). Les animaux avaient reçu de l'atrazine (97% d'ingrédient actif) à des niveaux diététiques de 0, 10, 300, 1500 et 3000 ppm (1,4; 38,4; 194,0 et $385,7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$ pour les souris mâles et de 1,6; 47,9; 246,9 et $482,7$

mg•kg⁻¹•jour⁻¹ pour les souris femelles). L'étude montre une relation dose-réponse avec 1500 et 3000 ppm; les thromboses dans les vaisseaux du coeur étaient plus fréquentes, le poids corporel de ces souris était inférieur à celui du groupe témoin à la 12^e et la 91^e semaines et les paramètres hématologiques démontraient des concentrations inférieures à la normale. Tous les animaux morts avant la fin de l'étude, ont succombé à une thrombose cardiaque. Un LOAEL de 1500 ppm (194,0 mg•kg⁻¹•jour⁻¹ pour les mâles et 246,9 mg•kg⁻¹•jour⁻¹ pour les femelles) fut retenu par les auteurs et un NOAEL de 300 ppm (38,4 mg•kg⁻¹•jour⁻¹ pour les mâles et 47,9 mg•kg⁻¹•jour⁻¹ pour les femelles). Plusieurs types de néoplasmes furent observés dans les mamelles, les reins et les poumons des souris. Cependant, il n'y a pas de relation dose-réponse pour les effets oncogènes, pas plus que d'augmentation significative de néoplasmes. Conséquemment, l'atrazine n'est pas considérée oncogène chez cette race de souris.

Innes et collaborateurs (1969) ont mené une étude de 18 mois sur la tumérogénicité de 120 produits dont l'atrazine sur des souris de différentes sous-espèces. Ici, les chercheurs n'ont démontré aucune différence significative entre l'incidence des tumeurs du groupe exposé et du groupe témoin.

Chez la souris, on n'a pas démontré un effet cancérigène. L'USEPA a attribué un LOEL à la dose quotidienne de 3 000 mg•kg⁻¹•jour⁻¹ (1500 ppm) et un NOEL à la dose quotidienne de 600 mg•kg⁻¹•jour⁻¹ (300 ppm) à cause d'une perte de poids observée à 91 semaines. D'après cinq études rencontrant les critères de l'USEPA, l'atrazine ne serait pas mutagène. L'agence estime un potentiel cancérigène chez l'humain (q_1^*) pour l'atrazine de $2,2 \times 10^{-1}$ mg•kg⁻¹•jour⁻¹ qui représente 95% de la limite de confiance supérieure de l'induction probable d'une tumeur à partir d'une dose unitaire (USEPA, 1988). Cette valeur (q_1^*) est obtenue en supposant une absence de seuil en dessous duquel il n'y a pas d'effet cancérigène et que la relation dose-réponse demeure linéaire jusqu'à la dose 0. Chaque auteur soutient que son modèle est une meilleure représentation de ce qui se passe en réalité, principalement à faible dose, mais personne n'en a de certitude. Cependant des toxicologistes de l'USEPA estiment que l'organisme pour lequel ils travaillent a surestimé les risques de cancer associés à l'utilisation d'atrazine. Ils croient qu'à faible dose, aucun effet délétère ne

se produit et que le modèle non linéaire serait plus approprié. Le modèle multistage linéarisé est plus conservateur.

D'après le CIRC, une étude faite sur des rats Fisher 344 ayant reçu par voie orale des doses de 0, 500 et 1000 mg/kg de nourriture, modifiées à la baisse après 8 semaines (0, 375 et 750 mg/kg de nourriture) jusqu'à la 126^e semaine, a révélé une augmentation du taux de survie des mâles traités à l'atrazine mais une plus grande incidence de tumeurs mammaires à 1000 mg/kg chez ces derniers. Chez les rates, on a observé une augmentation significative des adénocarcinomes utérins et quelques tumeurs malignes du mésenchyme de l'utérus. On a également obtenu une augmentation du nombre de tumeurs du système lymphatique et hématopoïétique; le nombre de leucémies et de lymphomes combinés était de 12/44 dans le groupe témoin, 16/52 pour les rates traitées à faibles doses et 22/51 pour celles traitées à doses élevées ($p < 0,05$) (Pintér *et al.*, 1990).

Dans une étude de Donna (1986), trente souris mâles ont reçu une injection intrapéritonéale d'atrazine pure à tous les trois jours, treize fois consécutives (dose totale de 0,26 mg/kg p.c.). Un groupe témoin a reçu une solution saline et un autre groupe n'a rien reçu. L'incidence des lymphomes était de 6/30 ($p < 0,001$) pour les souris traitées à l'atrazine et de 1/50 pour les souris sans traitement. Aucune tumeur n'a été observée chez le groupe contrôle traité à la solution saline. Dans une autre étude de Donna (1981), on a injecté du Fogard S (atrazine 25% et simazine 37,5%) quotidiennement, treize jours consécutifs (total de 0,0065 mg par souris). On n'a rien décelé dans le groupe témoin de 50 souris traitées avec une solution saline. Par contre, on a trouvé des lymphomes 2/20 ($p=0,02$) chez les souris traitées au Fogard S. Donna a aussi injecté 25 souris femelles tous les trois jours et treize fois de suite. Il a gardé les souris sous observation pendant sept mois. Il en sacrifiait une tous les 15 jours. Encore une fois, un groupe témoin de 50 souris recevait des injections sous-cutanées de solution saline. On a trouvé des lymphomes dans 3/24 ($p < 0,01$) des souris traitées au Fogard S et rien chez les témoins.

On a observé chez des chiens à qui on a administré des doses de 0; 0,5; 5 ou 34 mg•kg⁻¹•jour⁻¹ des altérations du ECG et des lésions cardiaques (USEPA, 1989). D'après ces résultats, l'USEPA a établi un NOEL de 5,0 mg•kg⁻¹•jour⁻¹. Le tableau

3.4 résume l'ensemble des doses NOEL, NOAEL, LOEL et LOAEL énumérées dans cette revue de la littérature.

Tableau 3.4 NOEL, NOAEL, LOEL et LOAEL ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$) de l'atrazine.

NOEL	NOAEL	LOEL	LOAEL	ANIMAL	SOURCE
	0,35			chiens beagles	Woodard Research Corporation, 1964)
		5		moutons	Palmer et Radeleff, 1969
	10			vaches	Palmer et Radeleff, 1969
14		100		rats Sprague-Dawley	Mayhew <i>et al.</i> , 1986
	3,5		25	rats Sprague-Dawley	Ciba-Geigy, 1986
	0,48		4,97	chiens beagles	Ciba-Geigy, 1987
	38,4 mâles 47,9 femelles		194,0 mâles 246,9 femelles	souris CD-1	Ciba-Geigy, 1987
600		3000		souris	USEPA, 1988
5				chiens	USEPA, 1989

Légende : NOEL: "No Observed Effect Level"
NOAEL: "No Observed Adversed Effect Level"
LOEL: "Lowest Observed Effect Level"
LOAEL: "Lowest Observed Adversed Effect Level"
USEPA: "United States Environmental Protection Agency"

3.2 Toxicocinétique de l'atrazine

En majeure partie, les données dont nous disposons concernant la toxicocinétique de l'atrazine proviennent d'études animales.

3.2.1 Données animales

3.2.1.1 Absorption:

Le modèle cinétique à un compartiment décrit bien la cinétique de l'atrazine dans le plasma des rats. Dans une étude assez complète réalisée chez le rat mâle Fisher 344,

Timchalk *et al.* (1990) ont observé que l'atrazine était bien absorbée par le tractus gastro-intestinal. On retrouvait 66% des 30 mg/kg de ^{14}C -atrazine de l'huile de maïs dans les urines après 72 heures et 18% dans les fèces ou approximativement 1,5 mg/kg ^{14}C -[anneau]-atrazine de l'éthanol (Bakke *et al.*, 1972). Ces résultats sont en accord avec ceux publiés par Bakke *et al.* en 1972, qui avaient retrouvé chez des rats, 65% de la dose dans les urines et 20% dans les selles après 72 heures.

Au niveau des paramètres toxicocinétiques, Timchalk *et al.* (1990) rapportent que le pic sérique de la radioactivité de l'atrazine marquée surviendrait 8 à 10 heures après l'administration par ingestion d'atrazine. Une demi-vie d'absorption ayant une valeur de 2,6 à 3,3 heures a également été calculée.

3.2.1.2 Métabolisme:

D'après plusieurs auteurs, les principales réactions impliquées dans le métabolisme de l'atrazine sont la déalkylation des positions C-4 et C-6 de la molécule. Il existe quelques preuves de la déchlorination de la position C-2. Cet herbicide peut subir des transformations métaboliques de phase I et II. L'atrazine est un herbicide de la famille des triazines, comportant trois substitutions: un groupement isopropyl, un groupement éthyle et un chlore. Pour le métabolisme de phase I, l'atrazine peut donc subir une déalkylation partielle (résultant en déisopropylatrazine ou DIA, ou en dééthylatrazine ou DEA) ou complète (résultant en 2-chloro-diaminoatrazine ou DAA). De plus, le chlore présent peut être hydrolysé et donner des métabolites hydroxylés (Gojmerac *et al.*, 1989). Les principaux métabolites retrouvés sont les métabolites déalkylés et il semble que très peu de métabolites hydroxylés soient formés (Gojmerac *et al.*, 1989; Adams *et al.*, 1990; Timchalk *et al.*, 1990). La formation de ces métabolites déalkylés serait commune à plusieurs espèces animales. Adams *et al.* (1990) ont vérifié lors d'études *in vitro* le métabolisme de l'atrazine à partir de préparations de foie provenant de plusieurs espèces animales: souris ICR, rat Fisher et Sprague-Dawley, porc, mouton, poulet, lapin et chèvre. Bien que les taux varient d'une espèce à l'autre, ils ont tous métabolisé l'atrazine en DIA et DEA, le premier métabolite en quantité supérieure au deuxième. Le rapport entre le DIA et le DEA peut cependant varier d'une espèce à l'autre.

Plusieurs autres études, menées *in vivo*, ont également confirmé la déalkylation comme voie principale de métabolisme pour l'atrazine. Il semble cependant que ce ne soit pas toujours le même métabolite déalkylé qui soit formé en quantité la plus importante. Ainsi Timchalk *et al.*, (1990) ont observé chez le rat Fisher que le DAA était le métabolite le plus important suivi du DEA et du DIA, tandis que, pour Bradway et Moseman (1982) qui ont administré quotidiennement pendant 3 jours 50, 5, 0,5 ou 0,005 mg/jour d'atrazine à des rats Charles River, le métabolite le plus important était le DEA (2-chloro-4,6-diamino-s-triazine), suivi du DIA et du DAA. Les rats Wistar, étudiés par Ikonen *et al.* (1988) n'ont produit qu'un seul métabolite, soit le DIA. Dans le cas des porcs miniatures, on n'a retrouvé dans l'urine que le DEA, et l'atrazine inchangée (Erickson *et al.*, 1979).

Adams *et al.* (1990) et Timchalk *et al.* (1990) ont également étudié le métabolisme de phase II, c'est-à-dire la conjugaison de l'atrazine ou de ses métabolites avec le glutathion. Adams *et al.* (1990) ont évalué, à l'aide d'un système *in vitro*, les différences entre les rats Sprague-Dawley et Fisher pour le métabolisme de phase I et II. Les auteurs voulaient vérifier si la différence concernant le potentiel cancérigène pour les deux espèces pouvait s'expliquer par une différence au niveau du métabolisme. Les deux espèces présentaient le même taux métabolique au niveau de la phase I mais les rats Fisher auraient un métabolisme plus élevé au niveau de la phase II si on les compare sur une base de poids corporel ou de poids du foie (cette différence s'estompe en les comparant sur une base de poids de cytochrome P-450). Pour les deux espèces, la vitesse de conjugaison pour la phase I est beaucoup plus rapide que pour la phase II. Dans cette expérience, la réaction du glutathion avec l'atrazine était prédominante par rapport à celle observée avec les produits déalkylés.

La n-déalkylation et la conjugaison au glutathion sont les principales voies métaboliques de plusieurs espèces *in vivo* et *in vitro*. (Böhme et Bär, 1967; Adams *et al.*, 1990; Timchalk *et al.*, 1990). Le 2-chloro-4,6-diamino-1,3,5-triazine est le métabolite le plus important retrouvé dans l'urine des rats (64-67%) et les métabolites du mercaptan des produits mono et di-déalkylés sont présents à des concentrations plus faibles (13-14% et 9% respectivement) (Timchalk *et al.*, 1990). L'oxydation de la chaîne latérale alkyde est une autre voie métabolique de moindre importance observée chez le rat (Böhme et Bär, 1967). La déchlorination par oxydation en 2-hydroxyatrazine; un

métabolite des plantes, ne s'est pas produite dans les homogénats de foie de rat (Dauterman et Muecke, 1974), bien que Bakke *et al.* (1972) prétendent en avoir trouvé dans l'urine des rats.

Lorsque Timshalk *et al.* (1990) ont administré l'atrazine à des rats Fisher, ils ont également observé la formation de conjugués de l'acide mercapturique avec le DAA et le DEA. La quantité de DAA conjugué (9% des métabolites urinaires) était toutefois inférieure à celle du DAA non conjugué (67% des métabolites urinaires). Quant aux conjugués du DEA (13% des métabolites urinaires), ils étaient excrétés en quantité plus importante que le DEA (5% des métabolites urinaires).

Hauswirth (1988) prétend que l'ensemble des études sur le métabolisme du rat sont suffisantes pour prouver que les voies métaboliques principales des rates sont la déchlorination de l'anneau de triazine et la n-déalkylation. L'oxydation des substitués alkylés est mineure et constitue selon lui, une voie métabolique secondaire. La demi-vie du corps entier est approximativement de 24 à 36 heures. L'atrazine et ses métabolites sont liés aux globules rouges. Il n'y a pas d'accumulation dans les autres tissus.

Au niveau du sol, la n-nitrosoatrazine est formée à partir de l'atrazine dans une solution d'acide nitrique et par l'action de l'oxyde d'azote dans une interface air/solide (Wolfe *et al.*, 1976; Janzowski *et al.*, 1980). La n-nitrosoatrazine est stable dans une solution aqueuse avec un pH > 4, bien que sensible à la photolyse (Wolfe *et al.*, 1976). On n'a observé aucune formation de n-nitrosoatrazine dans les sols contenant de l'acide nitrique où l'on a ajouté 2 mg/kg d'atrazine. Là où l'on a appliqué n-nitrosoatrazine, on a constaté une immobilité de ce produit et une dégradation nécessitant plusieurs semaines (Kearney *et al.*, 1977).

3.2.1.3 Distribution:

Les résidus d'atrazine ont été mesurés dans plusieurs organes chez le rat et ce 2, 4 et 8 jours suivant l'administration d'une dose marquée d'atrazine (Bakke *et al.*, 1972). Les concentrations les plus élevées se retrouvaient dans les reins, les poumons et le foie,

suivis par le coeur et le cerveau. Les graisses et les muscles présentaient, quant à eux, la radioactivité la plus faible.

Gojmerac *et al.* (1989) ont également étudié la distribution de l'atrazine et de ses métabolites dans différents organes chez le rat Fisher. Les plus fortes concentrations d'atrazine ont été détectées dans les reins, suivis du foie et du cerveau. Pour ce qui est du dééthylatrazine, les plus fortes concentrations ont été observées dans les reins suivis du cerveau, tandis qu'aucune concentration n'a été détectée dans le foie. Quant au déisopropylatrazine, les plus fortes concentrations ont également été observées dans les reins, suivis du foie alors qu'aucun résidu de ce métabolite n'a été détecté dans le cerveau. Chez les rats Fisher 344, Shah *et al.* (1987) ont observé une absorption cutanée inversement proportionnelle à la dose (3-8% adultes; 3-10% juvéniles). On a décelé moins de 0,1% d'une dose radioactive administrée oralement dans l'air expiré des rats. Soixante-douze heures plus tard, la rétention de la radioactivité dans la carcasse variait de 4% (Timchalk *et al.*, 1990) à 16% (Bakke *et al.*, 1972). Les sites d'accumulation en ordre décroissant sont: foie, rein, poumon, coeur, cerveau, muscle et graisse (Bakke *et al.*, 1972). Khan et Foster (1976) ont observé chez les poulets, une accumulation de métabolites hydroxylés de l'atrazine dans le foie, les reins, le coeur et les poumons. Ils ont trouvé des résidus des formes 2-chloro et 2-hydroxy de l'atrazine dans le gésier, l'intestin, les muscles des jambes, les pectoraux et les graisses abdominales.

3.2.1.4 Élimination:

Dans l'étude de Timchalk *et al.* (1990), on a observé une élimination suivant une cinétique d'ordre 1 avec une demi-vie de 10,8 heures. Les caractéristiques cinétiques et la récupération de la dose n'ont pas été touchées par l'administration de 60 mg/kg de tridiphane, une substance qui agit en synergie avec les herbicides en inhibant l'action enzymatique qui favorise la conjugaison glutathion-atrazine (Timchalk *et al.*, 1990). La plus grande partie de l'atrazine absorbée par le tractus gastro-intestinal se retrouve dans les urines sous forme de métabolites en moins de 72 heures. L'urine est la principale voie d'élimination de l'atrazine. Bakke *et al.* (1972) rapportent qu'en 72 heures, ils ont retrouvé 65,5% de ^{14}C -[anneau]-atrazine dans l'urine, 20,3% dans les fèces et moins de 0,1% dans l'air expiré. On a enregistré près de 95% de la

radioactivité des 65,5% de ^{14}C -[anneau]-atrazine dans l'urine dans les 24 heures suivant l'administration. Ciba-Geigy (1983) rapporte qu'une excrétion cumulative de l'atrazine dans l'urine et les fèces est directement proportionnelle à la dose administrée, variant de 52% pour la dose la plus faible à 80% pour la dose la plus importante.

3.2.2 Données humaines

Il existe très peu de données publiées concernant le métabolisme de l'atrazine chez l'humain. Ikonen *et al.* (1988) ont évalué les niveaux urinaires de l'atrazine et de ses métabolites chez 6 travailleurs de chemin de fer travaillant avec cet herbicide, en prélevant un échantillon d'urine à la fin du quart de travail. Les principaux métabolites retrouvés dans l'urine étaient le DIA et le DAA en quantités à peu près égales et pratiquement pas de DEA n'a été retrouvé.

Catenacci *et al.* (1990) ont vérifié la présence d'atrazine inchangée dans l'urine de quatre sujets travaillant à la production et à l'emballage de cet herbicide. Seulement de faibles concentrations d'atrazine inchangée (max. 5 $\mu\text{g/L}$) ont été retrouvées. Les métabolites n'avaient pas été recherchés.

D'après une étude chez l'humain de Ikonen *et al.* (1988), une grande partie de la dose absorbée se retrouve dans l'urine complètement déalkylée (2-chloro-4,6-diamino-s-triazine ou métabolite III) ou partiellement (2-chloro-4-amino-6-éthylamino-s-triazine ou métabolite I). On a aussi trouvé une petite quantité de 2-chloro-4-isopropylamino-6-amino-s-triazine (métabolite II). Ces deux études n'ont révélé aucune trace du métabolite du mercaptan qu'on avait décelé dans l'urine des rats exposés à l'atrazine.

Lors d'études réalisées par le CTQ (Centre de Toxicologie du Québec) chez les travailleurs en pépinière utilisant la simazine ou l'atrazine, on a retrouvé très peu de simazine ou d'atrazine inchangée dans l'urine. Ces herbicides étaient retrouvés principalement sous forme de métabolites déalkylés (Samuel *et al.*, 1991). Les concentrations retrouvées n'étaient pas très élevées, la majorité des résultats étaient inférieurs à 50 $\mu\text{g/L}$. Plus récemment, le CTQ a également suivi des agriculteurs utilisant de l'atrazine pour la culture du maïs. Les principaux métabolites retrouvés

dans l'urine étaient le DAA et le DEA en quantités à peu près égales; le DIA était rarement retrouvé et les concentrations étaient plus faibles.

Plus récemment, Lucas *et al.* (1993) ont évalué la possibilité d'utiliser les dérivés urinaires de l'acide mercapturique pour faire le suivi des travailleurs exposés à l'atrazine. L'équipe de chercheurs a observé que le dérivé de l'acide mercapturique de l'atrazine non métabolisée était retrouvée en concentrations au moins dix fois supérieures aux concentrations des autres métabolites.

3.3 Études épidémiologiques

Yoder et ses collaborateurs (1973) ont examiné les chromosomes de lymphocytes prélevés chez des agriculteurs exposés aux herbicides incluant l'atrazine. Ils ont observé un nombre plus important d'aberrations chromosomiques chez les agriculteurs pendant la demi-saison d'exposition aux herbicides que hors-saison. De plus, en saison hivernale, le nombre de ces aberrations se retrouvait en-deçà de celui du groupe témoin, laissant supposer un mécanisme de protection compensatoire.

Pour faire suite à une étude réalisée par le DSC du Centre Hospitalier Honoré-Mercier en 1979, Thériault et De Guire (1982) ont recherché les facteurs responsables d'un excès de leucémie (nombre observé 22, nombre attendu 10,5) à St-Hyacinthe survenu entre octobre 1978 et septembre 1979. Ils désiraient vérifier si cet excès était limité dans le temps et préciser son étendue territoriale. De plus, ils souhaitaient connaître le type de leucémies et rechercher les facteurs associés à cet excès.

D'après les auteurs, cet agrégat était propre à St-Hyacinthe pour les années 1978-1979 et il s'agissait de tous les types histologiques de leucémies. Selon eux, il eût été facile d'associer l'eau de consommation et cet excès de leucémie car dans une publication de Ministère des richesses naturelles du Gouvernement du Québec de 1979, on mentionnait:

“...dans le secteur de la rivière qui dessert St-Hyacinthe, il y a des problèmes d'enrichissement des eaux en substances nutritives (azote et phosphore), de contamination bactériologique, de présence de substances toxiques (cuivre, zinc, plomb, fer et cobalt),

d'abondance de matières organiques et de dégradation des berges et du milieu aquatique." Et selon les auteurs... "l'égoût pluvial qui draine la rue de la Faculté de médecine vétérinaire et les terres expérimentales de la Station de recherche agricole, où se font des épanchements d'herbicides et de pesticides, se déverse dans la rivière à environ 400 pieds en amont de la prise d'eau de la municipalité."

Les résultats de leur étude ne semblent pas confirmer cette association. D'après ces chercheurs, si l'eau de la rivière Yamaska avait été responsable de cet excès, la durée de résidence, et par conséquent de l'approvisionnement en eau, aurait dû différer entre les cas et les témoins. Tel n'était pas le cas. De plus, la ville de Granby qui s'approvisionne de la même eau ne présente pas d'excès de leucémie au cours de ces deux années. Il faut apporter quelques bémols à ces deux affirmations. La durée de résidence devient secondaire s'il s'agit d'une exposition aiguë à un ou plusieurs contaminants. Une telle exposition pourrait causer la leucémie dans la mesure où l'on croit en l'absence nécessaire d'un seuil d'induction de cancer. La ville de Granby ne puise pas son eau au même endroit dans la rivière Yamaska et n'utilise peut-être pas les mêmes technologies pour traiter l'eau brute. Selon Thériault et De Guire, l'excès de leucémie observé à St-Hyacinthe en 1978-1979 est probablement le résultat d'une fluctuation normale de cette maladie dans une population. Il serait intéressant de pousser l'investigation plus en profondeur.

Les résultats de deux études cas-témoins (Donna *et al.*, 1984 et 1989) menées auprès d'agricultrices de la province d'Alexandrie en Italie, révèlent une association entre l'exposition aux triazines (atrazine et simazine), la durée de cette exposition et la présence de cancers ovariens. Dans la première étude (1984), les auteurs rapportent un risque relatif (RR) de 4,38 (95% IC, 1,90-10,07) entre le cancer de l'ovaire et l'utilisation d'herbicides (spécialement l'atrazine). Chez les femmes plus jeunes (moins de 55 ans), ce risque s'élève à 9,14 (95% IC, 2,95-28,30) et chute à 1,90 (95% IC, 0,38 - 7,51). Il s'agit d'une étude cas-témoins où l'on a recensé 66 femmes qui avaient des tumeurs aux ovaires. Ces cas furent diagnostiqués entre janvier 1974 et juin 1980 à l'hôpital d'Alexandrie. On a retracé et interviewé 60 de ces femmes ou leur famille car 10 d'entre elles étaient décédées. On a sélectionné 135 témoins. Ces femmes souffraient également de différents cancers. Pour le jumelage, les témoins devaient

avoir reçu leur diagnostic la même année et avoir une différence d'âge de deux ans et demie ou moins. Les témoins ignoraient qu'elles l'étaient et croyaient participer à une autre étude où elles étaient des "cas". On a divisé l'exposition aux herbicides en trois catégories: une exposition certaine, probable ou aucune exposition. Parmi les biais possibles, on croit que la forte proportion (46%) de femmes chez les témoins ayant le cancer du sein ait faussé les données. On a donc éliminé ces témoins pour trouver un risque relatif légèrement inférieur de 3,46 (1,44 - 8,36). On s'est aussi penché sur l'absence de questions liées à la reproduction (grossesse, usage de contraceptifs oraux, etc.). Ces facteurs peuvent protéger les sujets d'un cancer des ovaires. Dans la seconde étude, Donna *et al.* (1989) ont calculé un risque de 2,7 (90% IC, 1,0-6,9) chez les femmes qui avaient été exposées aux triazines. Les risques estimés étaient un peu plus élevés chez les femmes exposées pendant plus de dix ans (2,9; 90% IC, 0,9-8,7) que chez les femmes exposées moins de dix ans (2,3; 90% IC, 0,4-12,3). Ici, on a mené l'étude dans 143 des 190 municipalités de la province d'Alexandrie. C'est-à-dire là où on cultive le maïs. Les cas furent identifiés rétrospectivement à la fin de la période à l'étude. Il s'agit de toutes les femmes avec des tumeurs aux ovaires diagnostiquées entre le 1^{er} juillet 1980 et le 30 juin 1985. On a dénombré 75 cas à partir du registre des cancers de la province et 69 sujets furent retenues. On a interviewé toutes ces femmes à l'aide d'un questionnaire beaucoup plus élaboré que celui de 1984. Les membres des familles des 27 femmes décédées sur les 69 cas observés furent interviewés. Ceci peut constituer un biais puisque les réponses sont alors moins précises que lorsque l'on questionne directement l'individu concerné. On a jumelé 2 femmes par cas ayant le même âge (± 5 ans) à partir de la liste électorale des municipalités à l'étude. Toutes les entrevues ont été conduites moins de 30 mois suivant le diagnostic. On posait aux sujets plusieurs questions sur des facteurs liés à la reproduction (nombre de grossesses, l'utilisation de contraceptifs oraux, l'âge des premières règles, le nombre de fausses couches, etc.). On consultait aussi ces femmes sur leurs emplois antérieurs afin de connaître le niveau d'exposition aux triazines. Cette fois encore, on divisait l'exposition en 3 catégories (exposition certaine, probable ou nulle). Bien qu'aucune dose de triazines ne fut quantifiée, l'étude de 1989 permet d'identifier les triazines (surtout l'atrazine) comme agent responsable de ces risques relatifs 2 à 3 fois plus importants chez les femmes exposées de développer un cancer de l'ovaire alors que l'étude de 1984 ne traitait que d'herbicides au sens large. Les critiques suggèrent d'être prudent dans

l'interprétation de ces résultats à cause de la faible puissance de l'étude, notamment le petit nombre de cas.

Une étude descriptive de Godon *et al.* (1989) décrit les relations potentielles entre l'utilisation globales des pesticides en agriculture et l'incidence des cancers des tissus lymphatiques, du cerveau et de la leucémie. D'après les résultats obtenus dans plusieurs études en laboratoires sur les rongeurs, il eût été intéressant de considérer le cancer du sein et des ovaires des femmes vivant en milieu rural agricole.

“Du côté épidémiologiques, plusieurs études cas-témoins effectuées par les Américains et les Suédois ont souligné les liens statistiquement significatifs ($P \leq 0,05$) entre l'utilisation des pesticides et principalement les cancers du cerveau, des tissus lymphatiques et la leucémie. [...] parmi les études qui relatent des associations positives significatives, les cancers du cerveau, des tissus lymphatiques et la leucémie sont les cancers qui ont été le plus souvent reliés au métier de fermier ou à l'utilisation des pesticides en agriculture; [...] Les résultats indiquent que dans la majorité des cas, seuls les facteurs pesticides expliquent de façon significative les variations spatiales de ces cancers (Godon *et al.* , 1989).

Dans cette étude descriptive, on ne note pas d'excès significatif d'incidence de ces cancers en milieu rural agricole par rapport à l'ensemble du Québec. Il est possible que “l'effet du travailleur sain” qui suppose que les travailleurs (agriculteurs) sont des individus dont la forme physique et l'état de santé sont meilleurs que ceux de la population en général combiné à l'effet moins délétère du milieu expliquent cette observation.

C'est plutôt à l'intérieur même du milieu rural agricole (que l'on a divisé en catégories) qu'on observe des excès de risque statistiquement significatifs pour certains cancers dans certains groupes d'âges et selon le sexe. On a divisé le milieu rural en trois catégories: très, moyennement et peu exposés d'après la répartition en pourcentage des ventes totales de pesticides en 1982.

“Le risque relatif (RR) pour les cancers des tissus lymphatiques chez les femmes dans les bassins très exposés est significatif ($P \leq$

0,05) avec une valeur de 1,62 (IC à 95% = 1,16; 2,25) par rapport aux bassins peu exposés, et de 1,63 (IC à 95% = 1,08; 2,45) par rapport aux bassins moyennement exposés. [...] L'examen des résultats par groupe d'âge nous dévoile que l'excès de risque de cancers des tissus lymphatiques chez les femmes est particulièrement important pour le groupe d'âge 35-64 ans. En effet, le risque relatif entre les bassins très et peu exposés est significatif ($P \leq 0,05$) avec une valeur de 3,15 (IC à 95% = 1,67; 5,93), et le RR entre les bassins très et moyennement exposés est également significatif ($P \leq 0,05$) avec une valeur de 3,73 (IC à 95% = 1,54; 9,01) pour ce même groupe d'âge. [...] Chez les hommes, l'association est positive chez les 1-14 ans entre cette tumeur (*le cancer du cerveau*) et la densité d'utilisation des herbicides en général, et en particulier avec le groupe des triazines et triazoles, des aryloxyacides et les dérivés de l'acide benzoïque"

On obtient les différents risques relatifs (RR) d'incidence en divisant les taux standardisés d'un type de bassin d'exposition supérieure par un autre de moindre exposition. Un risque relatif supérieur à 1, statistiquement significatif au seuil de 95%, indique une association positive entre le facteur étudié et la maladie.

D'après les auteurs, l'interprétation des résultats doit tenir compte des limitations des études descriptives. Il se peut que la relation pesticides-cancer des tissus lymphatiques chez les femmes soit fausse. Il s'agirait d'une erreur de seconde espèce. Il se peut également que les femmes aient une prédisposition pour cette maladie. La présence de plusieurs autres produits dangereux d'origine industrielle peut aussi être en cause. À plusieurs reprises Godon et ses collaborateurs proposent de pousser plus loin cette enquête par des études épidémiologiques au niveau individuel.

Une étude cas-témoins menée en Iowa et au Minnesota aux États-Unis visait l'évaluation d'une relation possible entre l'exposition à l'atrazine et la leucémie. Les résultats observés montrent un risque de 1.0 (95% IC, 0.8-1.5) chez les utilisateurs de triazines (67 cas, 172 témoins) et un risque de 1,0 (95 % IC, 0.6-1.5) chez les utilisateurs d'atrazine (38 cas, 108 témoins) (Brown *et al.*, 1990). Une autre étude cas-témoins menée également en Iowa et au Minnesota visait l'évaluation d'une relation possible entre l'exposition à l'atrazine et la présence de lymphomes non-Hodgkiniens. On a ciblé les hommes de 30 ans et plus, puis comparé 622 cas et 1245 témoins. Les

résultats montrent un risque de 1,6 ($p < 0,05$) entre l'exposition à l'atrazine et la présence de lymphomes non-Hodgkiniens (Cantor *et al.*, 1985). Une autre étude réalisée au Kansas montre des résultats comparables avec un risque de 2,2 (95% IC, 0,4-9,1) (Zahm *et al.*, 1986). Toutefois, on ne connaît pas la proportion de l'atrazine parmi les triazines utilisées. Du côté du Nebraska, chez les agriculteurs qui disent avoir utilisé de l'atrazine, on a mesuré un risque de 1,4 (95% IC, 0,8-2,2). Les risques sont de 0,9 pour une utilisation de cet herbicide pendant moins de 5 ans; 0,8 pour une utilisation de 6 à 15 ans et 2,0 pour une utilisation de plus de 16 ans (Zahm *et al.*, 1988). Finalement, on a diagnostiqué 57 cas de cancer du côlon entre 1976 et 1982 au Kansas. On a choisi 948 témoins au hasard. On a décelé une légère augmentation du cancer du côlon chez les fermiers (RR 1,6; 95% IC, 0,8-3,5), et chez les utilisateurs d'atrazine on a trouvé un rapport de cote de 1,4 (95% IC, 0,2-7,9) (Zahm *et al.*, 1985).

4. RÉSULTATS

Dans cette partie, 17 tableaux présentent l'ensemble des résultats de cette étude sur la présence de triazines dans l'eau de consommation et dans les urines des participants. Les résultats d'analyse (données brutes) des triazines (par immuno-essai et par balayage) des échantillons d'eau prélevés dans les résidences de St-Hyacinthe et de Farnham sont présentés à l'annexe 8 et un sommaire des résultats aux tableaux 4.1 et 4.2. Le MEF, par l'entremise du Service de l'analyse de la qualité du milieu, a également prélevé l'eau brute et l'eau traitée des usines de filtration de Farnham et de St-Hyacinthe. Ces données supplémentaires sont aussi présentées dans ces tableaux. On retrouve les moyennes des concentrations de triazines dans l'eau aux tableaux 4.3 et 4.4.

Les tableaux 4.5 et 4.6 facilitent la compréhension de la démarche statistique de cette étude. Le tableau 4.5 présente les 12 valeurs obtenues lors de l'analyse de l'eau des participants de Farnham et de St-Hyacinthe, le 14 et le 21 juin 1995. Ce sont les mêmes valeurs que celles présentées dans les tableaux 4.1 et 4.2 mais elles ne concernent que l'atrazine. Le tableau 4.6 présente les quatre analyses réalisées.

Les tableaux 4.7 et 4.8 présentent les estimations des doses potentiellement absorbées par les 3 participants de Farnham et les 3 participants de St-Hyacinthe qui ont recueilli l'eau du robinet de leur domicile lors de la première semaine d'étude (14 juin 1995) et le tableau 4.9 montre les résultats d'analyse d'un témoin de Montréal ayant prélevé un échantillon d'eau de sa bouteille. Toutes ces doses ont aussi été divisées par la masse des individus pour évaluer la quantité de ces triazines et de ces dérivés pour chaque unité de poids corporel. Les tableaux 4.10 et 4.11 présentent les résultats de la deuxième semaine d'étude (21 juin 1995).

Des soixante échantillons d'urine envoyés au Centre de toxicologie du Québec, cinq seulement furent sélectionnés puis analysés par une chimiste responsable du secteur environnement. Bien qu'il eût été préférable qu'on procède aux 60 analyses, les coûts très onéreux et la quasi-certitude de retrouver 60 résultats identiques tous inférieurs

au seuil de détection de 5 µg/L expliquent ce choix du CTQ. Le tableau 4.12 présente les résultats des dosages de l'atrazine dans l'urine des cinq sujets retenus.

Les moyennes des doses absorbées des trois triazines étudiées sont présentées aux tableaux 4.13, 4.14. Dans le tableau 4.16, on compare les moyennes présentées dans le tableau 4.14 avec les valeurs du tableau 4.15 (RfD, DWEL, Lifetime et le q_1^*) qui est la reproduction intégrale du tableau 1.9. Ce tableau est ajouté afin de faciliter la tâche au lecteur. Le tableau 4.17 présente les rapports entre les doses établies par le NAS et le MEF et les moyennes des concentrations des trois triazines étudiées.

4.1 Analyse des résultats

Des triazines ont été détectées dans tous les échantillons d'eau analysés, à l'exception de l'eau embouteillée (<0,04µg/L). Les produits les plus fréquemment décelés sont l'atrazine et son produit de dégradation le dééthyle atrazine, qui sont présents dans presque tous les échantillons. La simazine, le dééthyle simazine et la cyanazine n'ont été décelés que très occasionnellement à des concentrations infinitésimales. Seule l'eau brute de St-Hyacinthe dépasse le seuil de détection de la simazine, avec une valeur de 0,8 µg/L lors de la première semaine d'étude, soit le 14 juin 1995.

Le tableau 4.1 présente les concentrations de plusieurs triazines dans l'eau de Farnham et de St-Hyacinthe le 14 juin 1995. À Farnham, il n'y a pas de différence entre les concentrations d'atrazine de l'eau brute et de l'eau traitée (0,17 µg/L et 0,18 µg/L). L'absence de charbon activé dans le processus de filtration de l'eau de cette usine explique partiellement cette similitude puisque ce produit adsorbe les triazines. Curieusement, d'après les résultats du MEF, on retrouve plus de triazines après le traitement de l'eau qu'à son entrée à l'usine (0,11 µg/L et 0,28 µg/L). Il s'agit peut-être de deux prélèvements effectués au même moment à l'usine, ce qui laisse supposer que l'eau traitée est le résultat d'un traitement antérieur d'une eau brute plus contaminée.

On note cependant à St-Hyacinthe une diminution de 13 centièmes entre la concentration d'atrazine de l'eau brute et de l'eau traitée et de 16 centièmes entre les concentrations de triazines. Ici, les effets positifs des filtres à charbon sont évidents.

Tableau 4.1 Concentrations de triazine, d'atrazine, de dééthyle atrazine, de simazine, de dééthyle simazine et de cyanazine dans l'eau brute, traitée et potable de Farnham et St-Hyacinthe, le 14 juin 1995.

ENDROIT	NATURE	TRIAZINE (µg/L)	ATRAZINE (µg/L)	DÉETHYLE ATRAZINE (µg/L)	SIMAZINE (µg/L)	DÉETHYLE SIMAZINE (µg/L)	CYANAZINE (µg/L)
Farnham Usine de filtration	Eau brute	0,11	0,17	Traces	Traces	Traces	<0,04
Farnham Usine de filtration	Eau traitée	0,28	0,18	0,03	<0,02	<0,03	<0,04
Farnham Boul. Kirk	Eau potable	0,18	0,17	Traces	<0,02	<0,03	<0,04
Farnham Rue Yamaska ouest	Eau potable	0,21	0,18	0,03	<0,02	<0,03	<0,04
Farnham Rue Gauthier	Eau potable	0,23	0,17	0,03	<0,02	<0,03	<0,04
St-Hyacinthe Usine de filtration	Eau brute	0,23	0,23	0,05	0,80	0,03	Traces
St-Hyacinthe Usine de filtration	Eau traitée	0,07	0,10	0,08	<0,02	0,03	<0,04
St-Rosalie Rue Jolibois	Eau potable	0,13	0,11	0,11	<0,02	0,03	<0,04
St-Hyacinthe Rue Raymond	Eau potable	0,11	0,10	0,09	<0,02	Traces	<0,04
St-Hyacinthe Rue Jolibois	Eau potable	0,14	0,12	0,10	<0,02	0,03	<0,04

Le tableau 4.1 révèle qu'en tout temps, les concentrations de triazines sont inférieures à 0,3 µg/L. Au cours de la première semaine de la campagne effectuée à Farnham, la plage des variations de l'eau potable pour les triazines décelées par la méthode immunoenzymatique se trouve entre 0,18 et 0,23. Pour les autres triazines analysées par chromatographie gazeuse, les plages des variations sont entre 0,17 et 0,18 pour l'atrazine, entre 0,03 et traces pour le dééthyle atrazine, inférieures à 0,02 pour la simazine, inférieures à 0,03 pour le dééthyle simazine et inférieures à 0,04 pour la cyanazine. Chez les participants de St-Hyacinthe, les données pour les triazines sont entre 0,11 et 0,14 par immunoessai et entre 0,10 et 0,12 pour l'atrazine par balayage. Toujours par chromatographie gazeuse, les résultats d'analyse de l'eau potable sont entre 0,09 et 0,11 pour le dééthyle atrazine, moins de 0,02 pour la simazine, de 0,03 à traces pour le dééthyle simazine et moins de 0,04 pour la cyanazine. Par conséquent, les données concernant la simazine, le dééthyle simazine et la cyanazine sont toutes inférieures à 0,04 µg/L; un résultat bien en-deçà des 0,06 mg/L ou 60 µg/L que propose l'USEPA avec le DWEL. Le DWEL représente une exposition maximale au contaminant, via l'eau potable, toute la vie durant sans qu'il puisse y avoir d'effets négatifs sur la santé. Il s'agit d'une exposition 1500 fois inférieure à cette dose au cours de la période la plus critique de l'année. De façon générale, les différentes régions agricoles présentent des profils de contamination à peu près semblables: des valeurs faibles ou inférieures à la limite de détection en hiver et au printemps, suivies d'une légère et graduelle augmentation vers la fin mai, puis d'une augmentation vraiment marquée au début de juin, avec des pics d'importance variable au cours de l'été. À l'automne, les concentrations diminuent graduellement vers les valeurs faibles de l'hiver.

La seule analyse d'eau effectuée chez un participant montréalais ne buvant que de l'eau embouteillée, démontre des concentrations inférieures à 0,04 µg/L pour l'ensemble des triazines étudiées. Tous les participants du groupe témoin de Montréal buvaient de l'eau embouteillée par la même compagnie et toutes les bouteilles furent achetées à la caisse au même moment et au même endroit. Par conséquent, on peut supposer que d'autres analyses auraient donné sensiblement les mêmes résultats.

Les concentrations de triazines des échantillons du 21 juin 1995 sont présentées au tableau 4.2. Au cours de cette deuxième semaine de la campagne d'échantillonnage effectuée à Farnham, la plage des variations de l'eau potable pour les triazines décelées par la méthode immunoenzymatique se trouve entre 0,09 et 0,10. Ces taux représentent la moitié de ceux enregistrés la semaine précédente. Pour les autres triazines analysées par chromatographie gazeuse, les concentrations obtenues sont semblables ou légèrement inférieures à celles du 14 juin. Pour l'atrazine, on observe des valeurs entre 0,11 et 0,16 µg/L, pour le dééthyle atrazine, les concentrations sont entre 0,03 et traces, et pour les autres triazines, les valeurs sont identiques à celles obtenues la semaine précédente. Chez les participants de St-Hyacinthe, les taux obtenus par immunoessai pour les triazines sont entre 0,11 et 0,12 µg/L. En utilisant la chromatographie gazeuse, les valeurs oscillent entre 0,11 et 0,13 µg/L pour l'atrazine et restent stables à 0,08 pour le dééthyle atrazine. On retrouve jusqu'à trois fois plus de dééthyle atrazine dans l'eau potable de St-Hyacinthe (0,07 à 0,11 µg/L) que dans l'eau des citoyens de Farnham (0,03 µg/L ou moins). Toutes les valeurs sont inférieures à 0,02 µg/L pour la simazine, stables à 0,04 µg/L pour le dééthyle simazine et inférieures à 0,04 µg/L pour la cyanazine. Une concentration de 0,31 µg/L de triazine a été détectée lors de l'analyse de l'eau brute à l'usine de filtration de St-Hyacinthe. Il s'agit de la concentration la plus importante de triazines de cette campagne d'échantillonnage.

Puisque cette étude se concentre sur trois triazines, notamment l'atrazine, la simazine et la cyanazine, les concentrations obtenues dans l'eau potable pour ces triazines ont servi au calcul des moyennes présentées au tableau 4.3 sans tenir compte des volumes d'eau absorbés par chaque participant. Ces moyennes ont été calculées à partir des résultats d'analyse des 6 prélèvements d'eau du robinet par ville excluant les usines de filtration. Lors de ces deux semaines d'étude, on a obtenu une moyenne de 0,1533 µg/L d'atrazine dans l'eau potable des participants de Farnham et 0,1167 µg/L chez les participants de St-Hyacinthe. La moyenne d'atrazine retrouvée dans l'eau de consommation des participants de ces deux villes est quinze fois inférieure à la valeur de 2 µg/L reconnue par le Québec (MENVIQ, 1990; CCMRE, 1987) pour le respect de la vie aquatique, et 37 fois inférieure à la valeur de 5 µg/L (Comité Fédéral-Provincial de l'Hygiène du Milieu Aquatique et du Travail, 1993) recommandée pour l'eau potable.

Tableau 4.2 Concentrations de triazine, d'atrazine, de dééthyle atrazine, de simazine, de dééthyle simazine et de cyanazine dans l'eau brute, traitée et potable de Farnham et St-Hyacinthe, le 21 juin 1995.

ENDROIT	NATURE	TRIAZINE (µg/L)	ATRAZINE (µg/L)	DÉETHYLE ATRAZINE (µg/L)	SIMAZINE (µg/L)	DÉETHYLE SIMAZINE (µg/L)	CYANAZINE (µg/L)
Farnham Usine de filtration	Eau brute	0,14	0,11	Traces	<0,02	<0,03	<0,04
Farnham Usine de filtration	Eau traitée	0,15	0,12	0,03	<0,02	<0,03	<0,04
Farnham rue Gauthier	Eau potable	0,09	0,13	0,03	<0,02	<0,03	<0,04
Farnham rue Yamaska Est	Eau potable	0,10	0,16	<0,03	<0,02	<0,03	<0,04
Farnham rue St-Bruno	Eau potable	0,09	0,11	Traces	<0,02	<0,03	<0,04
St-Hyacinthe Usine de filtration	Eau brute	0,31	0,25	0,06	Traces	<0,03	<0,04
St-Hyacinthe Usine de filtration	Eau traitée	0,12	0,11	0,07	<0,02	0,03	<0,04
St-Rosalie rue Ledoux	Eau potable	0,12	0,13	0,08	<0,02	0,04	<0,04
St-Hyacinthe rue Nichols	Eau potable	0,11	0,13	0,08	<0,02	0,04	<0,04
St-Hyacinthe rue Morin	Eau potable	0,11	0,11	0,08	<0,02	0,04	<0,04

Les moyennes des doses de simazines et de cyanazines furent dans les 2 cas, inférieures aux seuils de détection de 0,02 et 0,04 µg/L respectivement. Chez le groupe témoin, aucune triazine n'a pu être détectée dans l'eau embouteillée.

Tableau 4.3 Moyennes des doses en µg par litre de triazines ingérées par les participants de Farnham, St-Hyacinthe et Montréal, juin 1995.

TRIAZINES	Moyennes des doses en µg/L			
	Farnham	St-Hyacinthe	Farnham et St-Hyacinthe	Montréal
Atrazines	0,1533	0,1167	0,1350	<0,04
Simazines	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Cyanazines	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04

4.1.1 Résultats des analyses statistiques

L'analyse statistique n'a été réalisée que pour l'atrazine. Au départ, cette analyse devait être effectuée pour l'atrazine, la simazine et la cyanazine mais seule l'atrazine affichait des doses au-dessus des normes de détection dans l'eau des participants de Farnham et de St-Hyacinthe. Chez les sujets exposés, la moyenne des doses d'atrazine ingérée est de 0,135 µg/L et chez les sujets du groupe témoin, cette valeur est inférieure à 0,04 µg/L. En tenant compte des données réelles d'absorption, c'est-à-dire du volume d'eau véritablement absorbé par chaque participant, on a mesuré la différence entre la moyenne de toute l'atrazine absorbée par le groupe exposé avec celle du groupe témoin. Par exemple, la valeur $2,35 \times 10^{-1}$ µg d'atrazine représente la moyenne ingérée de ce contaminant par les 12 participants des villes de Farnham et St-Hyacinthe d'après leur consommation individuelle d'eau obtenue grâce au questionnaire de l'annexe 8 (volume d'eau ingéré x concentration d'atrazine). Chez le groupe témoin, on a obtenu une moyenne de $1,16 \times 10^{-1}$ µg en utilisant la valeur 0,04 µg au lieu de <0,04 µg. Ces données sont présentées au tableau 4.4.

On a aussi comparé les moyennes de microgrammes de contaminant par kilogramme de poids corporel par jour. Ces valeurs sont également présentées au tableau 4.4 ainsi

que la valeur du t (de Student) calculée et de p (alpha). L'analyse stastistique montre une différence significative entre les quantités d'atrazine dans l'eau du robinet des gens de Farnham et St-Hyacinthe et l'eau embouteillée utilisée par les participants du groupe témoin dans les trois cas. Il faut signaler que ces différences ne sont observables que pour l'herbicide atrazine puisque l'analyse de l'eau par chromatographie gazeuse n'a rien décelé pour la simazine et la cyanazine.

Tableau 4.4 Moyennes des doses d'atrazine ingérées par les participants de Farnham, St-Hyacinthe et Montréal, juin 1995.

TAUX Unité de mesure	Groupe exposé	Groupe témoin	Valeur de p (alpha)	Valeur de t (student)
µg/L	$1,35 \times 10^{-1}$	$4,00 \times 10^{-2}$	<0,0001	11,839
µg	$2,35 \times 10^{-1}$	$1,16 \times 10^{-1}$	0,01	7,088
(µg/kg p.c.)/jour	$3,70 \times 10^{-3}$	$2,00 \times 10^{-3}$	0,0002	4,551

Légende: µg/L: microgramme par litre
µg: microgramme
(µg/kg p.c.)/jour: microgramme de contaminant par kilogramme de poids corporel par jour.

Tableau 4.5 Concentrations d'atrazine ingérées par les participants de Farnham et de St-Hyacinthe, le 14 et le 21 juin 1995.

Concentrations d'atrazine (µg/L) Le 14 juin 1995	Concentrations d'atrazine (µg/L) Le 21 juin 1995
0,17	0,13
0,18	0,16
0,17	0,11
0,11	0,13
0,10	0,13
0,12	0,11

Les données utilisées pour vérifier une différence statistiquement significative entre les taux de triazines des deux groupes sont présentées au tableau 4.5.

On a fait quatre analyses statistiques dans cette étude, le tableau 4.6 résume ce qu'on a comparé grâce au test de student pour des échantillons indépendants (non-appariés).

Tableau 4.6 **Résumé des quatre analyses statistiques.**

ANALYSE	Unité de mesure	Comparaison
1	µg/L	Entre les concentrations d'atrazine trouvées dans l'eau du robinet des participants de Farnham et St-Hyacinthe la première et la deuxième semaine de prélèvements
2	µg/L	Entre les concentrations d'atrazine trouvées dans l'eau du robinet des participants de Farnham et St-Hyacinthe et les concentrations d'atrazine trouvées dans l'eau embouteillée consommée par les participants de Montréal
3	µg	Entre les doses réelles d'absorption d'atrazine ingérées d'après le volume d'eau consommé par les participants de Farnham et St-Hyacinthe et ceux de Montréal
4	µg/kg p.c. par jour	Entre les doses réelles d'atrazine absorbées en tenant compte de la masse de tous les participants de Farnham et St-Hyacinthe et de Montréal

Afin de vérifier s'il existait une différence significative entre les valeurs obtenues lors de la première et la deuxième semaine d'échantillonnage, on a comparé les

concentrations d'atrazine des échantillons d'eau prélevés dans les deux villes le 14 juin 1995 et le 21 juin 1995 (tableau 4.5). Cette analyse révèle que les concentrations d'atrazine sont semblables avec $p > 0,05$. La valeur p est de 0,4323. La différence moyenne est de 0,013 avec un degré de liberté de $10 = (6-1) + (6-1)$. La valeur t expérimentale est de 0,818. Cette valeur est inférieure à la valeur 2,228 de la table statistique de la distribution de Student. Par conséquent, la différence observée entre les concentrations d'atrazine des semaines 1 et 2 est non significative.

Puis, on a comparé les 12 concentrations d'atrazine ($\mu\text{g/L}$) du groupe exposé à celle du groupe témoin. Évidemment, puisque le MEF n'a fait qu'une analyse d'eau embouteillée, on a utilisé 12 fois la valeur de 0,04 $\mu\text{g/L}$ pour le groupe témoin. C'était nécessaire pour obtenir une valeur t et une valeur p car lorsque le nombre de sujets est 1 alors le degré de liberté est 0 et ces calculs s'avèrent impossibles.

Les concentrations d'atrazine présentes dans l'eau du robinet des participants de Farnham et de St-Hyacinthe sont significativement plus élevées que dans le groupe témoin ($p < 0,0001$). En effet, la probabilité que cette différence soit imputable au hasard est inférieure à 0,0001 (valeur de p). La valeur de t est de 11,839 avec un degré de liberté de 22. Cette analyse est biaisée à cause de l'absence de variance dans le groupe témoin. Si on avait analysé l'eau embouteillée de 12 témoins, on aurait sans doute obtenu une variance entre les concentrations d'atrazine, petite mais présente. En imaginant que la variance chez les témoins soit la même que celle observée dans le groupe exposé, on transforme la valeur 0,04 $\mu\text{g/L}$ en la multipliant par 0,74% pour obtenir 0,0003. La valeur de 0,0074 est le quotient de la variance du groupe exposé par la moyenne du groupe exposé ($0,001 + 0,135 = 0,0074$). Mais la variance 0,0003 est infime et devient nulle lorsqu'on arrondit cette valeur. C'est pourquoi l'analyse initiale est juste. En termes clairs, la quantité d'atrazine dans les échantillons est très constante et peu variable. Ceci est vrai pour l'eau embouteillée et l'eau du robinet des participants.

Afin de comparer les valeurs réelles d'absorption en microgrammes, on utilise un test t pour deux échantillons indépendants et on obtient une valeur t de 7,088 avec $p < 0,0001$. Dans la table statistique de la distribution de Student, on trouve 2,819 si $p = 0,01$. La valeur expérimentale de 7,088 est bien supérieure à 2,819. Par conséquent,

ce résultat est hautement significatif. Encore une fois, cette analyse est biaisée car il n'y a pas de variance dans le groupe témoin. C'est pourquoi, on a estimé une variance pour ce groupe témoin en conservant la même moyenne. Pour ce faire, on a divisé la variance du groupe exposé par la moyenne de ce groupe. Le quotient de 0,003 par 0,235 est 0,012766 ou 1,28%. L'estimation de la variance du groupe témoin est le produit de 0,116 par 1,28% soit 0,00148. La variance du groupe témoin est très petite et estimée à 0,00148. En appliquant des valeurs hypothétiques au groupe témoin avec une variance de 0,001 mais en conservant une moyenne de 0,116 µg, on obtient encore une fois une différence significative entre les deux groupes. En effet, la valeur de t est de 6,515 et la valeur de p inférieure à 0,0001. Cela prouve que les résultats, même avec une variance raisonnable, sont vraiment significatifs avec une valeur de p nettement plus petite que 0,01 (DL: 22, test bilatéral: 2,074 si p=0,05 et 2,819 si p=0,01). Les quantités d'atrazine ingérées par les participants de Farnham et de St-Hyacinthe sont significativement plus grandes que celles des gens du groupe témoin de Montréal buvant de l'eau embouteillée.

Les concentrations d'atrazine ingérées par unité de poids corporel des participants de Farnham et de St-Hyacinthe sont significativement plus élevées que dans le groupe témoin (p<0,01). En effet, la probabilité que cette différence soit imputable au hasards est de 0,0002. La valeur de t est de 4,551 avec un degré de liberté de 22. Ainsi, la valeur expérimentale de 4,551 est supérieure à 2,819 si alpha est 0,01 et de 2,074 si alpha est de 0,05 dans la table statistique de la distribution de Student. Cette analyse est biaisée à cause de l'absence de variance dans le groupe témoin. En imaginant que la variance chez les témoins soit la même que celle observée dans le groupe exposé, on transforme la valeur de $2,0 \times 10^{-3}$ µg/kg en la multipliant par 45% pour obtenir 0,0009. La valeur de 0,45 est le quotient de la variance du groupe exposé par la moyenne du groupe exposé ($1,675 + 3,7 = 0,4527$). En appliquant des valeurs hypothétiques au groupe témoin avec une variance de 0,0009 mais en conservant une moyenne de 0,002 µg/kg, on obtient encore une fois une différence significative entre les deux groupes. En effet, la valeur de t est de 3,668 et la valeur de p est 0,0014. Cela prouve que les résultats, même avec une variance raisonnable, sont vraiment significatifs avec une valeur de p nettement plus petite que 0,01 (DL: 22, test bilatéral: 2,074 si p=0,05 et 2,819 si p=0,01). Les concentrations d'atrazine (µg/kg p.c.) présentes dans le corps des participants de Farnham et de St-Hyacinthe sont

significativement plus grandes que celles des gens du groupe témoin de Montréal buvant de l'eau embouteillée.

4.1.2 Résultats des analyses de laboratoire

Les tableaux 4.7 à 4.14 répondent au premier objectif de cette recherche qui est d'évaluer l'exposition aux triazines de la population de Farnham et de St-Hyacinthe via l'eau potable. Au départ, il n'était pas question de comparer la première et la deuxième semaine d'exposition. Il s'agissait plutôt d'une comparaison entre un groupe potentiellement exposé (20 participants de Farnham et St-Hyacinthe) et d'un groupe témoin (20 participants de Montréal) sur une période de deux semaines. C'est pourquoi ce ne sont pas les mêmes participants qui ont prélevé l'eau du robinet de leur résidence les 14 et 21 juin 1995. Le tableau 4.7 présente les doses estimées de triazines et ses dérivés ingérées via l'eau de consommation par les participants de Farnham, le 14 juin 1995. Pour calculer ces doses, on a multiplié les concentrations de triazines en $\mu\text{g/L}$ par le volume d'eau ingéré en litres. Les doses obtenues pour les triazines décelées par la méthode immunoenzymatique varient entre 0,18 et 0,46 μg alors que celles obtenues en faisant la somme de triazines spécifiques et des métabolites (dééthyle atrazine, dééthyle simazine) analysés par chromatographie gazeuse varient entre 0,26 et 0,58 μg . Une attention particulière est accordée aux valeurs obtenues par chromatographie gazeuse puisque cette méthode est fiable pour connaître la contamination de l'eau par un ou plusieurs pesticides. C'est une méthode de confirmation et de validation suite à la détection de l'atrazine par technique immunoenzymatique. La dose la plus importante par unité de poids corporel est de 0,0085 $\mu\text{g/kg}$. Pour les trois prélèvements, c'est toujours l'atrazine et son produit de dégradation, le dééthyle atrazine qui sont présents en plus grande quantité. Les doses de simazine varient entre 0,030 μg et 0,038 μg et celles du dééthyle simazine entre 0,060 μg et 0,076 μg . Les doses de cyanazine oscillent entre 0,060 μg et 0,076 μg . Mais, lorsqu'on s'attarde sur les doses d'atrazine, les valeurs sont beaucoup plus élevées. Les doses d'atrazine varient entre 0,170 μg et 0,340 μg et celles du dééthyle atrazine entre traces et 0,340 μg . En fait, toutes les autres triazines et leurs métabolites sont présentes en concentrations inférieures à 0,08 μg .

Tableau 4.7 Doses de triazines ingérées par les participants de Farnham, le 14 juin 1995.

ENDROIT	DOSES (µg)	DOSES PAR UNITÉ DE POIDS CORPOREL (µg/ kg)
Farnham Boulevard Kirk	T.: 0,18	$2,8 \times 10^{-3}$
	A.:0,17	$2,7 \times 10^{-3}$
	D.A.:traces	traces
	S.:<0,02	$<3,1 \times 10^{-4}$
	D.S.:<0,03	$<4,7 \times 10^{-4}$
	C.:<0,04	$<6,3 \times 10^{-4}$
	S.T.:<0,26	$<4,1 \times 10^{-3}$
Farnham Rue Yamaska Ouest	T.:0,315	$4,5 \times 10^{-3}$
	A.:0,27	$3,9 \times 10^{-3}$
	D.A.:0,045	$6,4 \times 10^{-4}$
	S.:<0,03	$<4,3 \times 10^{-4}$
	D.S.:<0,045	$<6,4 \times 10^{-4}$
	C.:<0,06	$<8,6 \times 10^{-4}$
	S.T.:<0,45	$<6,4 \times 10^{-3}$
Farnham Rue Gauthier	T.:0,46	$6,8 \times 10^{-3}$
	A.:0,34	$5,0 \times 10^{-3}$
	D.A.:0,06	$8,8 \times 10^{-4}$
	S.:<0,04	$<5,9 \times 10^{-4}$
	D.S.:<0,06	$<8,8 \times 10^{-4}$
	C.:<0,08	$<1,2 \times 10^{-3}$
	S.T.:<0,58	$<8,5 \times 10^{-3}$

Légende: La valeur T pour triazines vient de l'analyse immunoenzymatique tandis que les autres (A., D.A., S., D.S., C.) sont le résultat du balayage chromatographique.

T.: Triazines	D.S.: Dééthyle Simazines
A.: Atrazines	C.: Cyanazines
D.A.: Dééthyle atrazine	S.T.: Somme des triazines
S.: Simazines	(A+DA+S+DS+C)

Le tableau 4.8 présente les doses estimées de triazines et ses dérivés ingérées via l'eau de consommation par les participants de St-Hyacinthe, le 14 juin 1995. Les doses obtenues pour les triazines décelées par la méthode immunoenzymatique varient entre 0,224 et 0,390 µg et celles obtenues par chromatographie gazeuse varient entre 0,496 et 0,930 µg. Le dééthyle atrazine est toujours présent en quantité supérieure aux autres triazines (la simazine et la cyanazine) et leurs métabolites. Si l'on fait fi de l'atrazine et du dééthyle atrazine, la valeur obtenue la plus importante est la cyanazine à St-Rosalie avec une dose de 0,12 µg ou moins. La ville de St-Rosalie est située tout près de St-Hyacinthe. Ces deux villes se confondent à la manière de Sherbrooke et Fleurimont. C'est pourquoi on retrouve dans cette recherche 2 participants de St-Rosalie parmi les 6 représentants la ville de St-Hyacinthe. La dose la plus importante par unité de poids corporel est de 0,019 µg/kg.

Toutes les valeurs de la troisième colonne du tableau 4.9 sont les produits de la multiplication de 2,9 litres d'eau consommée pendant une journée par les différentes concentrations obtenues lors de l'analyse de l'eau embouteillée. Ces concentrations sont les différents seuils de détection de deux méthodes d'analyse de l'eau utilisées par le MEF. Par exemple, pour obtenir la valeur de <0,116 µg, on a multiplié <0,04 µg/L par 2,9 litres. Les limites de détection sont présentées dans la deuxième colonne de ce tableau. Les doses par unité de poids corporel de la dernière colonne sont les quotients des doses par la masse de 58 kilogrammes du sujet témoin de Montréal.

Au cours de la deuxième semaine d'échantillonnage des participants de Farnham, les doses d'atrazine sont à nouveau nettement supérieures aux autres triazines étudiées. Les doses obtenues pour les triazines décelées par la méthode immunoenzymatique varient entre 0,135 et 0,180 µg alors que celles obtenues en faisant la somme de triazines spécifiques et des métabolites analysés par chromatographie gazeuse varient entre 0,3 et 0,5 µg. À la lecture du tableau 4.10, on constate que toutes les doses de cyanazines sont deux fois plus grandes que les doses de simazines. Cette observation ne représente pas la réalité puisque la limite de détection de la cyanazine est de 0,04 µg/L alors que celle de la simazine est de 0,02 µg/L. La dose la plus importante par unité de poids corporel est de 0,0074 µg/kg et représente la somme des trois triazines étudiées et de leurs dérivés par kilogramme chez le sujet de la rue Gauthier de Farnham. Cette valeur est environ 180 000 fois inférieure à la somme des q1* des trois

triazines, c'est-à-dire le niveau d'exposition de $1,34 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$ qui correspond à l'intervalle de confiance à 95% pour maintenir un risque inférieur à 10^{-6} (tableau 4.10).

Tableau 4.8 Doses de triazines ingérées par les participants de St-Rosalie et St-Hyacinthe, le 14 juin 1995.

ENDROIT	DOSES (µg)	DOSES PAR UNITÉ DE POIDS CORPOREL (µg/ kg)
St-Rosalie Rue Jolibois	T.:0,39	$7,8 \times 10^{-3}$
	A.:0,33	$6,6 \times 10^{-3}$
	D.A.:0,33	$6,6 \times 10^{-3}$
	S.:<0,06	$<1,2 \times 10^{-3}$
	D.S.:0,09	$1,8 \times 10^{-3}$
	C.:<0,12	$<2,4 \times 10^{-3}$
	S.T.:<0,93	$<1,9 \times 10^{-2}$
St-Hyacinthe Rue Raymond	T.:0,275	$5,4 \times 10^{-3}$
	A.:0,25	$4,9 \times 10^{-3}$
	D.A.:0,225	$4,4 \times 10^{-3}$
	S.:<0,05	$<9,8 \times 10^{-4}$
	D.S.:traces	traces
	C.:<0,1	$<2,0 \times 10^{-3}$
	S.T.:<0,625	$<1,2 \times 10^{-2}$
St-Hyacinthe Rue Jolibois	T.:0,224	$3,5 \times 10^{-3}$
	A.:0,192	$3,0 \times 10^{-3}$
	D.A.:0,16	$2,5 \times 10^{-3}$
	S.:<0,032	$<5,0 \times 10^{-4}$
	D.S.:0,048	$7,5 \times 10^{-4}$
	C.:<0,064	$<1,0 \times 10^{-3}$
	S.T.:<0,496	$<7,8 \times 10^{-3}$

Légende: T.: Triazines D.S.: Dééthyle Simazines
A.: Atrazines C.: Cyanazines
D.A.: Dééthyle atrazine S.T.: Somme des triazines
S.: Simazines (A+DA+S+DS+C)

Tableau 4.9 Doses de triazines ingérées par les participants de Montréal, le 14 juin 1995.

ENDROIT	LIMITES DE DÉTECTION (µg/L)	DOSES (µg)	DOSES PAR UNITÉ DE POIDS CORPOREL (µg/ kg)
Montréal Rue Bordeaux	T.:<0,04	T.:<0,116	$<2,0 \times 10^{-3}$
	A.:<0,04	A.:<0,116	$<2,0 \times 10^{-3}$
	D.A.:<0,03	D.A.:<0,087	$<1,5 \times 10^{-3}$
	S.:<0,02	S.:<0,058	$<9,8 \times 10^{-4}$
	D.S.:<0,03	D.S.:<0,087	$<1,5 \times 10^{-3}$
	C.:<0,04	C.:<0,116	$<2,0 \times 10^{-3}$
	S.T.:<0,160	S.T.:<0,464	$<7,9 \times 10^{-3}$

Légende: T.: Triazines D.S.: Dééthyle Simazines
A.: Atrazines C.: Cyanazines
D.A.: Dééthyle atrazine S.T.: Somme des triazines
S.: Simazines (A+DA+S+DS+C)

Chez les résidants de St-Hyacinthe et des environs, les doses obtenues pour les triazines décelées par la méthode immunoenzymatique varient entre 0,165 et 0,209 µg alors que celles obtenues en faisant la somme de triazines spécifiques et des métabolites analysés par chromatographie gazeuse varient entre 0,465 et 0,551 µg. Pour les trois prélèvements, c'est toujours l'atrazine et son produit de dégradation, le dééthyle atrazine qui sont présents en plus grande quantité. Les doses de simazine varient entre 0,030 µg et 0,038 µg et celles du dééthyle simazine entre 0,060 µg et 0,076 µg. Les doses de cyanazine oscillent entre 0,060 µg et 0,076 µg. Mais, lorsqu'on s'attarde sur les doses d'atrazine, les nombres sont beaucoup plus importants. Les doses d'atrazine varient entre 0,195 µg et 0,209 µg et celles du dééthyle atrazine entre 0,120 µg et 0,152 µg. La dose la plus importante par unité de poids corporel est de 0,0081 µg/kg soit 165 432 fois moins que la somme des q1* des trois triazines, c'est-à-dire le niveau d'exposition de 1,34 mg•kg⁻¹•jour⁻¹ qui correspond à l'intervalle de confiance à 95% pour maintenir un risque inférieur à 10⁻⁶. Ces résultats sont présentés au tableau 4.11.

Tableau 4.10 Doses de triazines ingérées par les participants de Farnham, le 21 juin 1995.

ENDROIT	DOSES (µg)	DOSES PAR UNITÉ DE POIDS CORPOREL (µg/ kg)
Farnham Rue Gauthier	T.:0,18	$2,6 \times 10^{-3}$
	A.:0,26	$3,8 \times 10^{-3}$
	D.A.:0,06	$8,8 \times 10^{-4}$
	S.:<0,04	$<5,9 \times 10^{-4}$
	D.S.:<0,06	$<8,8 \times 10^{-4}$
	C.:<0,08	$<1,2 \times 10^{-3}$
	S.T.:<0,5	$<7,4 \times 10^{-3}$
Farnham Rue Yamaska Est	T.:0,15	$1,7 \times 10^{-3}$
	A.:0,24	$2,7 \times 10^{-3}$
	D.A.:<0,045	$<5,1 \times 10^{-4}$
	S.:<0,03	$<3,4 \times 10^{-4}$
	D.S.:<0,045	$<5,1 \times 10^{-4}$
	C.:<0,06	$<6,7 \times 10^{-4}$
	S.T.:<0,42	$<4,7 \times 10^{-3}$
Farnham Rue St-Bruno	T.:0,135	$3,1 \times 10^{-3}$
	A.:0,165	$3,8 \times 10^{-3}$
	D.A.:traces	traces
	S.:<0,03	$<7,0 \times 10^{-4}$
	D.S.:<0,045	$<1,0 \times 10^{-3}$
	C.:<0,06	$<1,4 \times 10^{-3}$
	S.T.:<0,3	$<7,0 \times 10^{-3}$

Légende: T.: Triazines D.S.: Dééthyle Simazines
A.: Atrazines C.: Cyanazines
D.A.: Dééthyle atrazine S.T.: Somme des triazines
S.: Simazines (A+DA+S+DS+C)

Le tableau 4.12 présente les taux urinaires mesurés dans cinq échantillons de cinq participants de Farnham, St-Rosalie et St-Hyacinthe qui avaient accepté de fournir des prélèvements d'urine les jours suivant la fin de trois journées d'exposition à l'eau du robinet de leur résidence, soit le 15 ou le 22 juin 1995. Soixante échantillons avaient été envoyé au CHUL de Sainte-Foy, (20 de St-Hyacinthe, 20 de Farnham et 20 de

Montréal). Le groupe témoin n'était pas exposé aux contaminants visés par cette étude, puisque ses membres buvaient de l'eau embouteillée les jours précédant le prélèvement urinaire. Le CTQ n'a fait aucune analyse des échantillons de ce groupe. Le tableau 4.12 présente les résultats des dosages de l'atrazine dans l'urine des cinq sujets retenus par une chimiste du secteur environnement du CTQ. Tous les échantillons (3 de la première semaine et 2 de la deuxième) ont un taux inférieur à la limite de détection de 5 µg/L.

Pour répondre au deuxième objectif de cette étude, on compare les niveaux d'exposition pour les populations de St-Hyacinthe, Farnham et d'un groupe témoin (Montréal). On constate, à l'examen du tableau 4.13 que la concentration d'atrazine dans l'eau de consommation des gens de Farnham et de St-Hyacinthe est deux fois plus élevée que celle retrouvée dans l'eau embouteillée du groupe témoin. La concentration de cyanazine est 6,5 fois plus importante chez le groupe exposé. En ce qui concerne la simazine, c'est plutôt dans l'eau embouteillée que l'on en retrouve 1,7 fois plus. Toutefois, il s'agit ici d'une différence de 23 millièmes de microgramme. Toutes ces comparaisons ont été faites à partir des moyennes des concentrations obtenues par balayage multipliées par le volume d'eau absorbé par chacun des participants. Par exemple, pour obtenir la moyenne de $2,35 \times 10^{-4}$ mg (moyenne des doses quotidiennes de Farnham et St-Hyacinthe de l'atrazine), on a fait la somme des doses d'atrazine des tableaux 4.7, 4.8, 4.10 et 4.11, puis on a divisé ce résultat par 12 pour ensuite le transformer en milligrammes. Les moyennes des doses en milligrammes des trois triazines étudiées sont présentées au tableau 4.13.

Pour estimer le risque à la santé de ces populations à partir des paramètres environnementaux et biologiques, on compare les doses reçues aux doses présentées dans les tableaux 1.9 (4.15) et 1.10 qui sont indicatrices de risques. Ici, chacune des doses recommandées a été divisée par la dose observée. Pour faciliter la comparaison des valeurs, les doses moyennes mesurées en µg sont transformées en mg.

Tableau 4.11 Doses de triazines ingérées par les participants de St-Rosalie et St-Hyacinthe, le 21 juin 1995.

ENDROIT	DOSES (µg)	DOSES PAR UNITE DE POIDS CORPOREL (µg/ kg)
St-Rosalie Rue Ledoux	T.:0,18	$1,7 \times 10^{-3}$
	A.:0,195	$1,8 \times 10^{-3}$
	D.A.:0,12	$1,1 \times 10^{-3}$
	S.:<0,03	$<2,8 \times 10^{-4}$
	D.S.:0,06	$5,7 \times 10^{-4}$
	C.:<0,06	$<5,7 \times 10^{-4}$
	S.T.:<0,465	$<4,4 \times 10^{-3}$
St-Hyacinthe Rue Nichols	T.:0,165	$2,6 \times 10^{-3}$
	A.:0,195	$3,1 \times 10^{-3}$
	D.A.:0,12	$1,9 \times 10^{-3}$
	S.:<0,03	$<4,8 \times 10^{-3}$
	D.S.:0,06	$9,5 \times 10^{-3}$
	C.:<0,06	$<9,5 \times 10^{-3}$
	S.T.:<0,465	$<7,4 \times 10^{-3}$
St-Hyacinthe Rue Morin	T.:0,209	$3,1 \times 10^{-3}$
	A.:0,209	$3,1 \times 10^{-3}$
	D.A.:0,152	$2,2 \times 10^{-3}$
	S.:<0,038	$<5,6 \times 10^{-4}$
	D.S.:0,076	$1,1 \times 10^{-3}$
	C.:<0,076	$<1,1 \times 10^{-3}$
	S.T.:<0,551	$<8,1 \times 10^{-3}$

Légende: T.: Triazines D.S.: Dééthyle Simazines
A.: Atrazines C.: Cyanazines
D.A.: Dééthyle atrazine S.T.: Somme des triazines
S.: Simazines (A+DA+S+DS+C)

Tableau 4.12 Taux urinaires ($\mu\text{g/L}$) mesurés chez les participants de Farnham, St-Rosalie et St-Hyacinthe en juin 1995.

Endroit	No. Code	Date de prélèvement	Concentration urinaire ($\mu\text{g/L}$)			
			Atrazine	DIA	DEA	DAA
Farnham Rue Gauthier	9	1995-06-15	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
St-Rosalie Rue Jolibois	13	1995-06-15	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
St-Hyacinthe Rue Raymond	19	1995-06-15	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Farnham Rue Des Tulipes	26	1995-06-22	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
St-Hyacinthe Rue Nichols	37	1995-06-22	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0

Légende: DIA = déisopropylatrazine
DEA = dééthylatrazine
DAA = 2-chloro-diaminoatrazine

Tableau 4.13 Moyennes des doses (mg) de triazines ingérées par les participants de Farnham, St-Hyacinthe et Montréal, juin 1995.

TRIAZINES	Moyennes des doses quotidiennes (mg)			
	Farnham	St-Hyacinthe	Farnham et St-Hyacinthe	Montréal
Atrazines	$2,4 \times 10^{-4}$	$2,3 \times 10^{-4}$	$2,35 \times 10^{-4}$	$<1,16 \times 10^{-4}$
Simazines	$<3,0 \times 10^{-5}$	$<4,0 \times 10^{-5}$	$<3,5 \times 10^{-5}$	$<5,8 \times 10^{-5}$
Cyanazines	$<7,0 \times 10^{-5}$	$<8,0 \times 10^{-5}$	$<7,5 \times 10^{-5}$	$<1,16 \times 10^{-5}$

Les moyennes présentées dans le tableau 4.14 furent nécessaires aux comparaisons avec les valeurs du tableau 4.15 (RfD, DWEL, "Lifetime health advisory" et le q1*) présentées au tableau 4.16. Toutes ces comparaisons ont été faites à partir des moyennes des concentrations obtenues par balayage multipliées par le volume d'eau absorbé par chacun des participants puis divisées par la masse de chaque donneur. Par exemple, pour obtenir la moyenne de $3,70 \times 10^{-6} \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$ (moyenne des doses par unité de poids corporel de Farnham et St-Hyacinthe de l'atrazine), on a fait la somme des doses d'atrazine par unité de poids corporel des tableaux 4.7, 4.8, 4.10 et 4.11, puis on a divisé ce résultat par 12 pour ensuite le transformer en milligrammes. C'est donc 3,7 nanogrammes d'atrazine que la moyenne des participants de Farnham et St-Hyacinthe ont ingéré par kilogramme de poids corporel en une journée lors de cette campagne d'échantillonnage de juin 1995. Les moyennes des doses en milligrammes par kilogramme par jour des trois triazines étudiées sont présentées au tableau 4.14.

Tableau 4.14 Moyennes des doses ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$) de triazines ingérées par les participants de Farnham, St-Hyacinthe et Montréal, juin 1995.

TRIAZINES	Moyennes des doses par unité de poids corporel ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$)			
	Farnham	St-Hyacinthe	Farnham et St-Hyacinthe	Montréal
Atrazines	$3,65 \times 10^{-6}$	$3,75 \times 10^{-6}$	$3,70 \times 10^{-6}$	$<2,0 \times 10^{-6}$
Simazines	$4,93 \times 10^{-7}$	$<1,39 \times 10^{-6}$	$<9,42 \times 10^{-7}$	$<9,8 \times 10^{-7}$
Cyanazines	$9,94 \times 10^{-7}$	$<2,76 \times 10^{-6}$	$<1,88 \times 10^{-6}$	$<2,0 \times 10^{-6}$

Le tableau 4.15 présente le RfD, le DWEL et le "Lifetime health advisory" reconnus par le USEPA en 1993. Tel que mentionné précédemment, il s'agit du tableau 1.9 de la section 1.5 intitulée "Paramètres environnementaux". Ce tableau est ajouté afin de faciliter la lecture du tableau 4.16.

Tableau 4.15 RfD, DWEL, Lifetime et q₁* des trois pesticides étudiés d'après l'USEPA, 1993.

TRIAZINES	RfD mg•kg ⁻¹ •jour ⁻¹	DWEL mg/L	LHA mg/L	q ₁ * mg•kg ⁻¹ •jour ⁻¹
Atrazines	0,035	0,2	0,003	0,22
Simazines	0,005	0,06	0,001	0,12
Cyanazines	0,002	0,07	0,001	0,84 ou 1,0

Légende: RfD: "Reference dose"
 DWEL: "Drinking-water equivalent level"
 LHA: "Lifetime health advisory"
 q₁*: "Cancer potency factor" ou "unit cancer risk" ou
 "oral slope factor"
 USEPA: "United States Environmental Protection Agency"

Le tableau 4.16 montre que le groupe exposé à l'atrazine pendant la période critique de pulvérisation de juin 1995, est 9 459 fois sous la dose de référence de l'USEPA de 0,035 mg•kg⁻¹•jour⁻¹ (RfD) où il n'y a pas de risque appréciable de nuire à la santé humaine au cours d'une vie entière. Pour la simazine, le niveau d'exposition est 5 308 fois inférieur à la dose jugée sans risque par l'USEPA (1993). L'exposition à la cyanazine est 1064 fois moins élevée que la dose calculée à partir du NOAEL par l'USEPA. Les rapports obtenus pour le groupe témoin sont tout aussi éloquentes; 17 500 fois moins d'atrazine dans l'eau embouteillée que la dose établie (RfD), 5 102 fois moins de simazine et 1000 fois moins de cyanazine.

En supposant que l'exposition à ces contaminants ne se fasse que par l'eau potable, le DWEL nous renseigne sur la dose en mg/L de triazines ne représentant aucun danger pour la santé. Encore une fois, les rapports entre ces doses et les moyennes calculées à partir des données sur l'eau de consommation de Farnham et de St-Hyacinthe sont révélateurs. L'atrazine présente dans l'eau du robinet de ces villes, les 13, 15, 20 et 22 juin 1995 est 1 481 fois moins élevée que le "Drinking-water equivalent level" proposé par l'USEPA. La simazine est 3 000 fois moins élevée que le DWEL et la cyanazine, 1 750 fois. Les rapports du groupe témoin affichent des nombres encore plus importants: 5 000 fois moins d'atrazine, 3000 fois moins de simazine et 1 750 fois

moins de cyanazine que la quantité de contaminant permise sans altérer la santé humaine avec une exposition quotidienne de 70 ans.

Tableau 4.16 **Rapport entre les doses établies par l'USEPA et les moyennes des concentrations des trois triazines étudiées, juin 1995.**

TRIAZINES	RfD/Doses		DWEL/Doses		Lifetime Doses		Q1*/Doses	
	GE	GT	GE	GT	GE	GT	GE	GT
Atrazines	9 459	17 500	1 481	5 000	22	75	59 459	110 000
Simazines	5 308	5 102	3 000	3 000	50	50	127 389	122 449
Cyanazines	1 064	1 000	1 750	1 750	25	25	446 809	420 000

Légende:

- RfD:** Estimation d'une exposition quotidienne sans risque appréciable de nuire à la santé sur une période de 70 ans.
- DWEL:** Exposition maximale au contaminant, via l'eau potable uniquement, toute la vie durant, sans effets négatifs sur la santé.
- "Lifetime health advisory":** DWEL multiplié par 0,20 (20% seulement de l'exposition vient de l'eau de consommation) puis diviser par 10 (un facteur d'incertitude de 10 pour les contaminants de classe C).
- Q1*:** Niveau d'exposition correspondant à l'intervalle de confiance à 95% pour maintenir un risque inférieur à 10^{-6}
- RfD/Doses:** "Reference dose" divisée par la moyenne quotidienne des concentrations de triazines
- DWEL/Doses:** "Drinking-water equivalent level" divisée par la moyenne quotidienne des concentrations de triazines
- Lifetime/Doses:** "Lifetime health advisory" divisée par la moyenne quotidienne des concentrations de triazines
- Q1*/Doses:** "Cancer potency factor" divisée par la moyenne quotidienne des concentrations de triazines
- GE:** Groupe exposé
- GT:** Groupe témoin

Maintenant, si on présume que 20% de l'exposition se fait via l'eau potable et que 80% provient d'autres sources, on obtient encore des rapports indiquant un niveau

d'exposition inférieur aux doses appelées "Lifetime health advisory" recommandées par l'USEPA. En effet, on a trouvé 22 fois moins d'atrazine dans l'eau du robinet du groupe exposé que la dose permise, 50 fois moins de simazine et 25 fois moins de cyanazine. Les résultats du groupe témoin indiquent également des concentrations d'atrazines 75 fois inférieures au "Lifetime health advisory", 50 fois moins élevées pour la simazine et 13 fois moins importantes pour la cyanazine.

En analysant les q_1^* ou potentiel cancérigène chez l'humain, on observe des résultats suivants: chez le groupe exposé, le taux observé d'atrazine est 59 459 fois inférieur à celui susceptible d'induire une tumeur chez l'humain. Pour la simazine, le risque est 127 389 fois moins élevé que le q_1^* établi par l'USEPA et 446 809 fois moins important pour la cyanazine. Chez le groupe témoin, le risque d'induction probable d'une tumeur cancéreuse par l'atrazine est 110 000 fois moins élevé que le q_1^* , ce risque est 122 449 fois moindre pour la simazine, et 420 000 fois moins important pour la cyanazine (tableau 4.16).

Le tableau 4.17 présente les rapports entre les doses établies par le National Academy of Sciences qui publiait ses recommandations sur les pesticides dans l'eau potable dans 4 d'une série de 9 volumes sur l'eau de consommation et la santé (NRC 1977,1980,1983, 1986). L'ADI ("acceptable daily intake"), semblable à la RfD de l'USEPA, est 5 810 fois supérieur à la dose observée d'atrazine dans l'eau des participants de Farnham et de St-Hyacinthe. Pour la simazine, le niveau d'exposition est 228 238 fois inférieur à la dose jugée acceptable par le NAS américain. Le rapport de l'ADI sur le niveau d'exposition de la cyanazine est absent car il n'existe pas d'ADI pour cette triazine. Les rapports obtenus pour le groupe témoin sont de 10 750 fois inférieurs pour l'atrazine dans l'eau embouteillée que la dose établie, et 219 388 fois moindre pour la simazine.

Par ailleurs, le SNARL ("suggested no adverse response level") comparable au "Lifetime health advisory" de l'USEPA suppose lui aussi que 20% de l'exposition se fait via l'eau potable et que 80% provient d'autres sources. On obtient encore des rapports indiquant un niveau d'exposition bien en deçà des doses recommandées par le NAS. En effet, on a trouvé 1 111 fois moins d'atrazine dans l'eau du robinet du groupe exposé que la dose permise et 75 250 fois moins de simazine. Les résultats du

groupe témoin indiquent également des concentrations d'atrazines 3 750 fois inférieures au SNARL et 75 250 fois moins élevées pour la simazine. Il n'existe pas de SNARL pour la cyanazine. À la lumière de ces résultats, on constate que les normes établies par le NAS sont beaucoup moins sévères que celle de l'USEPA.

Finalement, si on observe les quotients obtenus en divisant les normes pour l'eau potable instituées par le MEF et les moyennes des taux observés, on trouve 37 fois moins d'atrazine que la quantité permise, 500 fois moins de simazine et 250 fois moins de cyanazine chez le groupe exposé. Pour le groupe témoin, on obtient 125 fois moins d'atrazine, 500 fois moins de simazine et 250 fois moins de cyanazine que les normes du Ministère.

Tableau 4.17 Rapports entre les doses établies par le NAS et le MEF et les moyennes des concentrations des trois triazines étudiées, juin 1995.

TRIAZINES	ADI/Doses		SNARL/Doses		Normes de l'eau potable / Doses	
	GE	GT	GE	GT	GE	GT
Atrazines	5 810	10 750	1 111	3 750	37	125
Simazines	228 238	219 388	75 250	75 250	500	500
Cyanazines	-	-	-	-	250	250

Légende: NAS: "National Academy of Sciences"
MEF: Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec
ADI/Doses: "Acceptable daily intake" divisé par les moyennes de concentrations des différentes triazines
SNARL/Doses: "Suggested no adverse response level" divisé par les moyennes de concentrations des différentes triazines
GE: Groupe exposé
GT: Groupe témoin

5. DISCUSSION

Dans le cadre de cette étude visant la détermination de l'exposition de la population de Farnham et St-Hyacinthe par le dosage biologique, la participation du MEF visait essentiellement à fournir des données concernant la présence des triazines dans l'eau ingérée. La tâche du MEF était de procéder au dosage par immuno-essai et par balayage des triazines des échantillons d'eau prélevés à l'usine (eau traitée) et au robinet des individus soumis à l'étude les jours précédant le prélèvement biologique.

Parmi les trois triazines étudiées (atrazine, simazine et cyanazine) lors de la campagne d'échantillonnage d'eau de consommation de juin 1995, seule l'atrazine et son produit de dégradation, le dééthyle atrazine avaient des concentrations supérieures au seuil de détection de la méthode d'analyse par balayage chromatographique utilisée par le MEF. Toutes les concentrations de simazine étaient sous les 0,02 µg/L et toutes celles de la cyanazine étaient sous les 0,04 µg/L. Lors de la première semaine de prélèvements, les concentrations d'atrazine variaient entre 0,17 et 0,18 µg/L dans les foyers de Farnham et leur usine de filtration et entre 0,10 et 0,23 µg/L chez les gens de St-Hyacinthe. Le dééthyle atrazine était toujours inférieur ou égal à la limite de détection de 0,03 µg/L à Farnham, mais à St-Hyacinthe les valeurs oscillaient entre 0,05 et 0,11 µg/L. Aucune triazine, incluant l'atrazine, n'a été détectée dans l'échantillon d'eau embouteillée; les valeurs étant toutes sous les différentes limites de détection. Lors de la deuxième semaine, on a observé un domaine de variation de concentrations d'atrazine entre 0,11 et 0,16 µg/L à Farnham et 0,11 à 0,25 µg/L à St-Hyacinthe. La valeur maximale de 0,25 µg/L est le résultat de l'analyse de l'eau brute de St-Hyacinthe, à son entrée à l'usine de filtration. Par ailleurs, le dééthyle atrazine a été de nouveau détecté dans l'eau potable de St-Hyacinthe avec des concentrations entre 0,06 et 0,08 µg/L, mais est demeuré sous la limite de détection à Farnham.

Le MEF a procédé à une seule analyse d'eau embouteillée puisque tous les témoins de Montréal buvaient la même eau provenant de bouteilles de la même compagnie achetées à la caisse, le même jour à la même succursale. Toutes les concentrations de triazines obtenues étaient inférieures aux limites de détection des deux méthodes

d'analyse utilisées par les chimistes du Service de l'analyse de la qualité du milieu du Ministère de l'Environnement.

La recommandation de 5 µg/L du Comité fédéral-provincial de l'hygiène du milieu et du travail pour la somme de l'atrazine et de ses dérivés dans l'eau potable n'a jamais été dépassée lors de cette campagne. Le seul produit de dégradation dont les valeurs étaient supérieures à la limite de détection de 0,03 µg/L dans la présente étude est le dééthyle atrazine. La plus forte concentration obtenue le 21 juin 1995 à St-Hyacinthe à l'usine de filtration est de 0,31 µg/L (0,25 µg/L d'atrazine additionnée au dééthyle atrazine de 0,06 µg/L) et il s'agissait d'eau brute. Pour ce qui est de l'eau potable, c'est dans une résidence de St-Hyacinthe également qu'on a détecté la somme la plus importante d'atrazine et de dééthyle atrazine avec un total de 0,22 µg/L, soit près de 23 fois moins que la valeur de 5 µg/L adoptée en 1993 par le Comité fédéral-provincial de l'hygiène du milieu et du travail. Rappelons que cette valeur est basée sur une consommation à vie et représente la concentration d'atrazine pouvant se trouver dans l'eau potable tous les jours sans entraîner d'effets néfastes à la santé. Le respect de cette valeur indique que l'eau est propre à la consommation. Chez les américains, l'USEPA a plutôt choisi la valeur de 0,2 mg/L ou 200 µg/L pour l'atrazine seulement dans l'eau de consommation. Si on considère quand même la somme de l'atrazine et du dééthyle atrazine, la valeur maximale est 909 fois inférieure au "DWEL" proposé par les américains. Le "DWEL" représente une exposition maximale à l'atrazine, via l'eau potable, toute la vie durant sans qu'il puisse y avoir d'effets négatifs sur la santé. Cette valeur est calculée en fonction d'une exposition au contaminant par l'eau de consommation uniquement. Ce qui est le cas de l'ensemble de la population excepté les agriculteurs. Pour l'obtenir, on multiplie le RfD (la dose de référence de l'USEPA) qui est une estimation d'une exposition quotidienne sans risque appréciable de nuire à la santé sur une période de 70 ans par la masse humaine moyenne de 70 kg, puis on divise ce produit par 2 litres d'eau par jour. Le "Lifetime health advisory" ressemble au DWEL, mais il suppose que 20% seulement de l'exposition vient de l'eau de consommation. C'est pourquoi il est de peu d'utilité dans cette étude. L'atrazine présente dans l'eau du robinet des participants de Farnham et St-Hyacinthe, les 13, 15, 20 et 22 juin 1995 est 1 481 fois moins élevée que le "Drinking-water equivalent level" (DWEL) proposé par l'USEPA. La simazine est 3 000 fois moins élevée que le DWEL et la cyanazine, 1 750 fois. Les rapports du

groupe témoin affichent des nombres encore plus importants: 5 000 fois moins d'atrazine, 3000 fois moins de simazine et 1 750 fois moins de cyanazine que la quantité de contaminant permise sans altérer la santé humaine avec une exposition quotidienne de 70 ans.

Pour déterminer le risque que représente une substance, il faut évaluer à quel point les individus y sont exposés. Dans le cas présent, toutes les concentrations de triazines obtenues dans l'eau de consommation sont extrêmement faibles et bien en dessous des différents seuils établis par les organismes responsables tels que l'USEPA et le Conseil National de Recherche américain. Il n'y a donc aucun risque pour la santé des citoyens de Farnham et de St-Hyacinthe.

Grâce à la collaboration du CTQ, on a pu faire une surveillance biologique de l'exposition des participants. Il s'agit des mêmes individus qui avaient prélevé de l'eau de leur robinet. L'estimation de l'exposition à l'atrazine de la population de St-Hyacinthe et de Farnham à partir de données biologiques s'est avérée impossible. Le Centre de toxicologie du Québec n'a procédé qu'à 5 analyses sur les 60 échantillons déposés au laboratoire de Sainte-Foy. Les coûts très importants et la quasi-certitude de retrouver 60 résultats identiques tous inférieurs au seuil de détection de 5 µg/L expliquent ce choix du CTQ. Dans tous les cas, les concentrations urinaires de l'atrazine et de ses métabolites DIA, DEA et DAA étaient sous la limite de détection de 5 µg/L. On peut donc croire que le niveau d'exposition était trop faible au cours des jours qui ont précédé les prélèvements, et ne comportait aucun risque à la santé de ces populations. Il faut rappeler que cette étude devait permettre d'estimer dans quelle mesure les triazines qui contaminent l'eau potable dans un secteur qui utilise ces substances pour la culture du maïs peuvent être absorbées par l'organisme humain qui consomme cette eau et induire des problèmes de santé. Avec les taux urinaires obtenus (<5,0 µg/L), nous pouvons encore une fois supposer qu'il n'y a aucun risque pour la santé humaine. Cette étude fait également ressortir que plusieurs produits sont généralement présents en même temps dans l'eau de consommation. Mais, même si on considère les effets additifs des contaminants ayant des effets toxicologiques voisins, les concentrations obtenues demeurent trop faibles.

D'après le CTQ, un bilan précis des campagnes d'échantillonnage du MEF en ce qui concerne les triazines est de première importance. La concentration annuelle pondérée ainsi que des moyennes mensuelles calculées à partir de ces campagnes permettraient de mieux connaître l'exposition externe de la population concernée et, par la suite, de faire une estimation du risque à la santé.

Tel que mentionné précédemment dans cette étude, les pesticides peuvent se retrouver dans l'eau souterraine et l'eau de surface. Dans les deux cas, de fortes pluies entraîneront ces produits agrochimiques par percolation ou par ruissellement. Puisque le temps fut particulièrement clément suite à l'application de ces produits dans les régions étudiées, il y a eu très peu de ruissellement et d'infiltration. Cet élément est venu brouiller les cartes, car il réduit considérablement les risques de contamination des eaux de surface et de la nappe phréatique. La documentation scientifique indique que les concentrations élevées de pesticides dans les cours d'eau sont associées à des événements de pluie importants peu après l'épandage de ces pesticides (Rekolainen, 1987; Wauchope, 1978). Par conséquent, les résultats obtenus n'indiquent pas des concentrations très élevées d'atrazines et autres pesticides dans l'eau traitée et dans les urines des participants. Malgré tout, des analyses de l'eau traitée pour vérifier les concentrations des triazines devraient être répétées chaque année pendant les semaines suivant l'application des herbicides même si les résultats de cette étude semblent suggérer un faible impact sur la santé humaine. En effet, il faut se rappeler que dans le cadre du programme de suivi environnemental du ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Berryman et Giroux (1994) rapportent que les pesticides détectés le plus souvent sont des herbicides parmi lesquels on retrouve l'atrazine et son produit de dégradation, le dééthyle atrazine; la simazine et la cyanazine. D'après les auteurs, un échantillonnage plus soutenu des grands cours d'eau comme la Yamaska serait souhaitable. Le MEF travaille présentement dans ce sens.

Cependant, des modifications mineures dans les usines de filtration de ces municipalités seraient sans doute moins onéreuses et beaucoup plus efficaces pour obtenir une eau exempte de triazines et indirectement dans la lutte contre le cancer. Par exemple, l'utilisation de charbon activé en quantité suffisante élimine en grande partie les triazines dans l'eau de consommation. Une étude de Frank *et al.* (1990)

rapporte que la chloration n'élimine pas les herbicides de l'eau. Il faut plutôt ajouter du charbon activé pulvérisé à l'eau brute avant le traitement régulier à l'usine ou filtré l'eau dans du charbon activé sous sa forme granulaire. L'étude de Frank *et al.* (1990) menée en Ontario entre 1981 et 1987 montre que la concentration de charbon utilisée est importante. Le pourcentage de réduction de plusieurs herbicides dans l'eau varient énormément en fonction de la dose de charbon utilisée. En effet, l'ajout de 50 mg de charbon activé pulvérisé par litre d'eau lors des débits importants et de 5 mg/L entre les précipitations et pendant l'hiver, élimine efficacement l'alachlore, la cyanazine, le métolachlore et le métribuzin. Lorsqu'on emploie 20 mg/L de charbon après la pluie et 5 mg/L le reste du temps, les concentrations de cyanazine ne diminuent pas mais ce traitement demeure efficace pour l'élimination du métribuzin et la diminution des concentrations de métolachlore et de l'atrazine de 45 et 29% respectivement. Si on n'utilise que 5 mg/L de charbon, il n'y aura pas de réduction des concentrations d'herbicides. Cette faible quantité n'élimine que les odeurs. De façon générale, un minimum de 50 mg/L de charbon activé est nécessaire pour réduire l'ensemble des herbicides dans l'eau de consommation.

La solution durable est plutôt dans la diminution des quantités de pesticides utilisés dans les cultures de maïs et le recours à des pratiques culturales qui font moins appel à la lutte chimique. Le producteur agricole doit être prudent et économe dans l'utilisation des intrants de ferme, surtout les pesticides et les engrais minéraux. Sur une base collective, les producteurs investissent beaucoup dans l'environnement. L'union des producteurs agricoles (UPA) réalise actuellement (1999) un grand recensement des fermes du Québec pour mieux cibler les actions futures en agroenvironnement. Des clubs d'encadrement technique se forment afin de promouvoir l'agriculture durable. Les producteurs agricoles adoptent de nouveaux comportements dans le but de protéger l'environnement. En 1993, dans le cadre du fonds de recherche et de développement technologique en environnement, quatre projets ont reçu une aide financière. Ces projets importants (2 482 950 \$) subventionnés en partie par le MEF ont pour but de réduire et de rationaliser l'utilisation des herbicides dans la culture du maïs. On y étudie les cultures intercalaires, les rampes thermiques, le sarclage mécanique, l'utilisation d'un paillis à base de fibres cellulosiques comme alternatives à l'emploi de pesticides et d'autres nouvelles pratiques culturales. Dans plusieurs régions, un programme d'aide appelé

“Conservation des ressources et protection de l’environnement” a été mis en place par le MAPAQ. Dans la région de St-Hyacinthe, un concours de production de maïs sans herbicide a été lancé avec grand succès.

On fait aussi appel à des plantes transgéniques afin de diminuer l’utilisation de pesticides. Grâce à la biotechnologie, certaines plantes comme le maïs ou le soja peuvent produire leurs propres herbicides ou insecticides de sorte que les agriculteurs utilisent beaucoup moins de pesticides. Depuis 1996, plus de la moitié du soja et plus de 40% du maïs produits aux États-Unis sont modifiés génétiquement. Au Québec, près du tiers des étendues de maïs semés au cours de l’été 1999 l’ont été avec des variétés transgéniques. Cependant, ces OGM (organismes génétiquement modifiés) ont parfois des effets négatifs sur l’environnement. En effet, d’après une étude de l’Université Cornell, aux États-Unis, la vie des papillons monarques seraient menacée par une nouvelle variété de maïs génétiquement modifié qui produit son propre pesticide. En effet, l’entomologiste John Losey a nourri des chenilles de monarques avec du pollen de Bt déposés sur des feuilles de laiteron. Après quatre jours d’exposition, 44% des larves avaient péri, alors qu’aucun décès n’était survenu dans le groupe témoin exposé à du pollen normal. Bien que les papillons monarques ne soient pas une espèce menacée, cette étude laisse croire que d’autres espèces pourraient pâtir du Bt, conduisant à des déséquilibres dans la chaîne alimentaire. Certains écologistes craignent la réduction de la biodiversité advenant une invasion des OGM qui par croisement naturel transmettront leurs nouveaux gènes à l’ensemble des plantes existantes. Cette pollution génétique risque de transformer certaines plantes indigènes qui deviendront elles aussi résistantes aux herbicides. Aucune preuve sur la dangerosité des OGM pour la santé humaine n’a été faite. Malgré tout, l’Europe a fermé la porte aux importations de maïs, de soja et autres récoltes transgéniques provenant de l’Amérique du Nord. Mais cette prudence quasi exagérée de l’Europe n’est peut-être qu’une façon déguisée de fermer son marché à des aliments qu’elle ne produit pas.

La seule certitude qui se dégage de cette étude est la différence significative observée entre les concentrations d’atrazine dans l’eau du robinet des participants de Farnham et de St-Hyacinthe et celles présentes dans l’eau embouteillée utilisée par le groupe témoin. L’analyse statistique n’a été réalisée que pour l’atrazine. Au départ, cette

analyse devait être effectuée pour l'atrazine, la simazine et la cyanazine mais seule l'atrazine affichait des doses au-dessus des normes de détection dans l'eau des participants. Chez les sujets exposés, la moyenne des doses d'atrazine ingérée était de 0,135 µg/L et chez les sujets du groupe témoin, cette valeur était inférieure à 0,04 µg/L. En tenant compte des données réelles d'absorption, on a également mesuré la différence entre la moyenne de toute l'atrazine absorbée par le groupe exposé avec celle du groupe témoin.

On a aussi vérifié s'il existait une différence significative entre les valeurs obtenues lors de la première et la deuxième semaine d'échantillonnage, pour ce faire, on a comparé les concentrations d'atrazine des échantillons d'eau prélevés dans les deux villes le 14 juin 1995 et le 21 juin 1995. Cette analyse a révélé que les concentrations d'atrazine étaient toutes semblables avec $p > 0,05$. Par conséquent, la différence observée entre les concentrations d'atrazine des semaines 1 et 2 était non significative.

Puis, on a comparé les concentrations d'atrazine (µg/L) du groupe exposé à celle du groupe témoin. Les concentrations d'atrazine présentes dans l'eau du robinet des participants de Farnham et de St-Hyacinthe étaient significativement plus élevées que dans le groupe témoin ($p < 0,0001$). La valeur de t était de 11,839 avec un degré de liberté de 22. Les concentrations d'atrazine (µg/L) ingérées par les participants de Farnham et de St-Hyacinthe étaient significativement plus grandes que celles des gens du groupe témoin de Montréal buvant de l'eau embouteillée.

Afin de comparer les valeurs réelles d'absorption en microgrammes, on a utilisé un test t pour deux échantillons indépendants et on a obtenu une valeur t de 7,088 avec $p < 0,0001$. Les quantités d'atrazine (µg) ingérées par les participants de Farnham et de St-Hyacinthe étaient significativement plus grandes que celles absorbées par les membres du groupe témoin.

Finalement, les concentrations d'atrazine ingérées par unité de poids corporel des participants de Farnham et de St-Hyacinthe étaient significativement plus élevées que dans le groupe témoin buvant de l'eau embouteillée ($p < 0,01$). La valeur de t était de 4,551 avec un degré de liberté de 22.

CONCLUSION

À lumière des résultats présentés dans cette étude, nous pouvons conclure qu'au cours de la période du 11 au 24 juin 1995, l'exposition aux triazines (atrazine, simazine et cyanazine) s'est avérée bien en-deçà des concentrations escomptées. Le prélèvement d'échantillons immédiatement après une pulvérisation d'atrazine sur le maïs devait permettre l'observation de pics de concentration dans l'eau des citoyens, mais l'absence de précipitations au cours de cette période a nettement diminué la probabilité d'en trouver. Pourtant, l'année précédente, le MEF obtenait une plage des variations des concentrations d'atrazine dans l'eau traitée de St-Hyacinthe de 0,73 à 3,1 µg/L. Au cours de la présente campagne, les concentrations ne dépassèrent pas 0,13 µg/L à St-Hyacinthe et 0,18 µg/L à Farnham. Avec de tels résultats, inutile de sonner l'alarme et de se joindre à l'Allemagne, l'Italie, la Finlande, la Norvège ou la Suède qui comme bien d'autres pays, n'homologuent plus l'atrazine depuis le début des années 90. Le lobby américain est tellement fort que même l'USEPA s'apprête à reculer en révisant à la baisse les normes déjà établies. De façon générale, toutes les valeurs obtenues sont bien en-dessous des normes et des recommandations des organismes responsables de la protection de l'environnement ou de la santé publique et il serait malaisé d'affirmer que l'eau de consommation des villes de Farnham et de St-Hyacinthe présente un risque pour la population.

La présente étude devait permettre d'estimer dans quelle mesure les triazines qui contaminent l'eau potable dans un secteur qui utilise ces substances pour la culture du maïs peuvent être absorbées par l'organisme humain qui consomme cette eau et induire des problèmes de santé. Avec une faible exposition, il devenait fort difficile d'en vérifier l'absorption par les humains. En effet, les technologistes du Centre de toxicologie du Québec n'ont rien décelé par le dosage de l'atrazine et de ses métabolites dans l'urine des sujets des villes ciblées. Devant ces résultats, il est impossible d'affirmer que cette situation est dangereuse et qu'elle puisse entraîner des préjudices à la santé des citoyens au moins au cours de l'été d'échantillonnage de 1995.

Néanmoins, on a estimé l'exposition aux triazines de la population de St-Hyacinthe et de Farnham à partir de données environnementales. On n'a pas trouvé de simazine et de cyanazine, les doses possiblement présentes étant sous les limites de détection. Par contre, on a calculé qu'un individu consomme quotidiennement une moyenne de $2,35 \times 10^{-4}$ mg d'atrazine soit 9 459 fois moins que la dose de référence où il n'y a pas de risque appréciable de nuire à sa santé. En termes clairs, cela signifie qu'avec les taux d'atrazine obtenus, une personne habitant Farnham ou St-Hyacinthe pourrait boire deux litres d'eau de son robinet par jour pendant soixante-dix ans et être encore vingt-deux fois sous le seuil acceptable d'une norme américaine appelée "Lifetime health advisory" si les concentrations d'atrazine demeurent proches des valeurs obtenues lors de cette campagne. De plus, cette recommandation suppose que 80 % de l'exposition à l'atrazine vient d'autres sources, ce qui est presque impossible à moins d'être soi-même agriculteur. Enfin, le taux observé d'atrazine est 59 459 fois inférieur à celui susceptible d'induire une tumeur chez l'humain. Le potentiel cancérigène chez l'humain pour l'atrazine est de $0,22 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$ et on a obtenu $0,000\,003\,7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{jour}^{-1}$.

Cette recherche a tout de même permis de constater une différence significative entre les concentrations d'atrazine dans l'eau du robinet des participants de Farnham et de St-Hyacinthe et celles présentes dans l'eau embouteillée utilisée par le groupe témoin. Une information de cette nature pourrait sans doute servir à mousser les ventes d'eau embouteillée qui montent déjà en flèche.

Les analyses ont permis de confirmer la présence de triazines dans l'eau de consommation des citoyens de Farnham et St-Hyacinthe. Les concentrations retrouvées ne sont pas suffisantes pour douter de la sécurité de la population, mais il serait souhaitable de poursuivre l'investigation en procédant à un échantillonnage systématique de l'eau traitée de ces régions.

Malgré les résultats rassurants de cette étude, il serait préférable de diminuer l'utilisation des herbicides pour la culture du maïs. Le Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec proposent deux avenues. La première est la pulvérisation d'herbicides sur une partie de la surface: en bandes et de façon localisée. La seconde est la production de maïs sans herbicides. Pour la région du

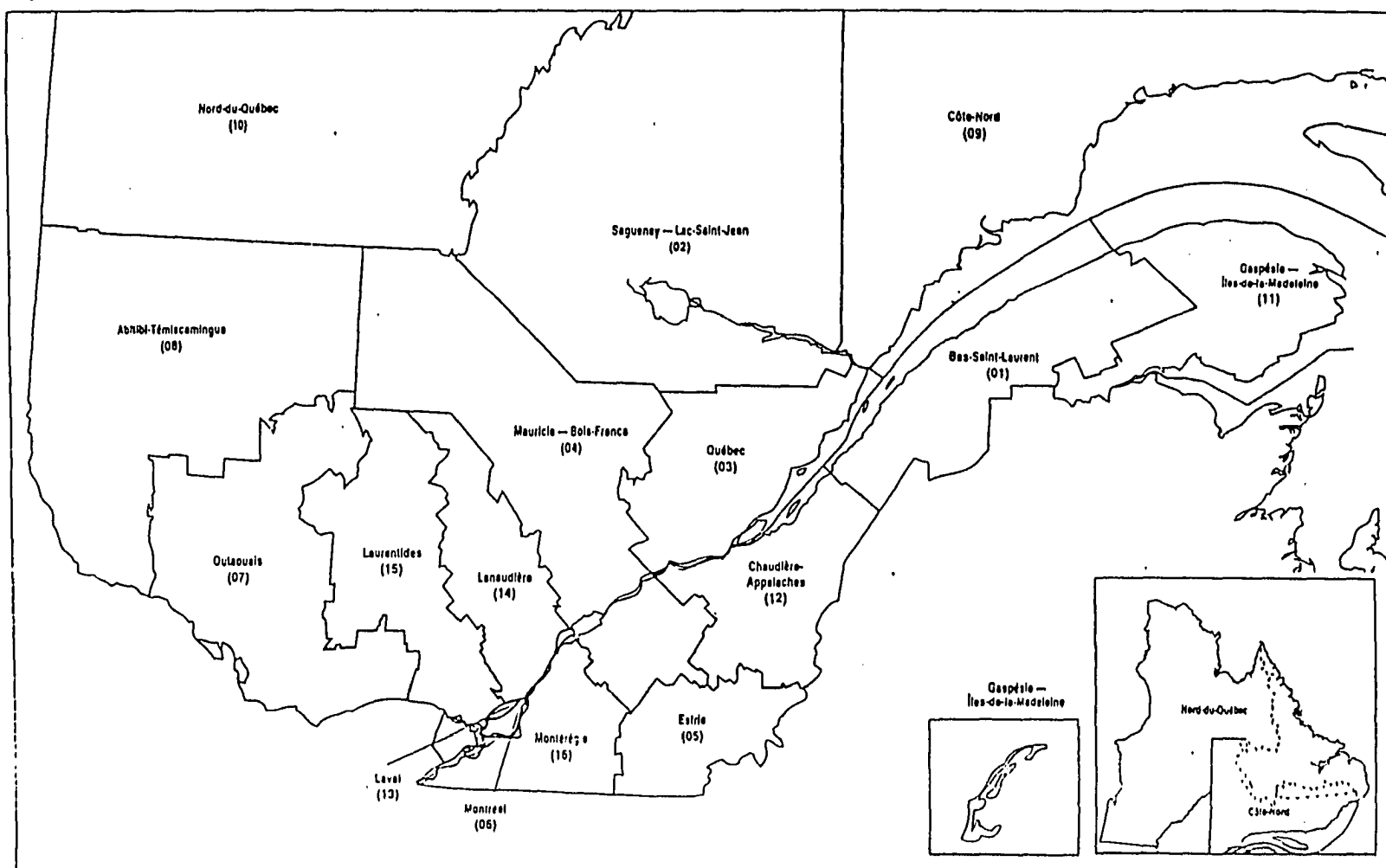
Richelieu-Saint-Hyacinthe, ces techniques présenteraient un potentiel de réduction des pesticides de 52,5%. Pour percer, ces deux approches s'appuient sur l'intensification des sarclages mécaniques. Bien entendu, les effets secondaires de ces nouvelles pratiques culturales restent à préciser. Le MAPAQ propose également les actions suivantes: tout d'abord, il encourage le maintien de l'effort de recherche sur le maïs en relation avec la réduction des herbicides, puis il favorise l'orientation du transfert technologique dans le maïs en relation avec le désherbage, il souhaite la réalisation d'une analyse économique sur le traitement en bandes, et sur un programme commun de promotion de la réduction des pesticides dans le maïs pour assurer le maximum d'impact auprès de la clientèle. Pour ce faire, il faudra mieux cibler les entreprises susceptibles d'adopter les techniques proposées et qui auront le plus d'impact sur la réduction. Finalement, le MAPAQ propose de mesurer l'évolution de la consommation de pesticides dans le maïs.

Il est certain que l'atrazine est une bonne cible des chercheurs à cause de sa très grande utilisation et de sa valeur commerciale en agriculture. Aux États-Unis, on estime les pertes à un milliard de dollars annuellement sans son apport. Les consommateurs devraient donc payer plus cher toutes les denrées produites habituellement grâce au concours de l'atrazine. Sans herbicides, le pourcentage de produits de qualité diminue drastiquement. Mais est-ce un prix si cher payé si le recours à l'atrazine représente un risque pour les populations humaines ou animales? Il est vrai que cette étude démontre des quantités infinitésimales d'atrazine et de ses dérivés dans l'eau de consommation de citoyens de villes ciblées, mais si l'on croit qu'une seule cellule humaine affectée suffit à déclencher le processus de cancérisation, il y a lieu d'être vigilant et de maintenir les populations exposées sous haute surveillance.

ANNEXE 1

Régions administratives du Québec, 1987

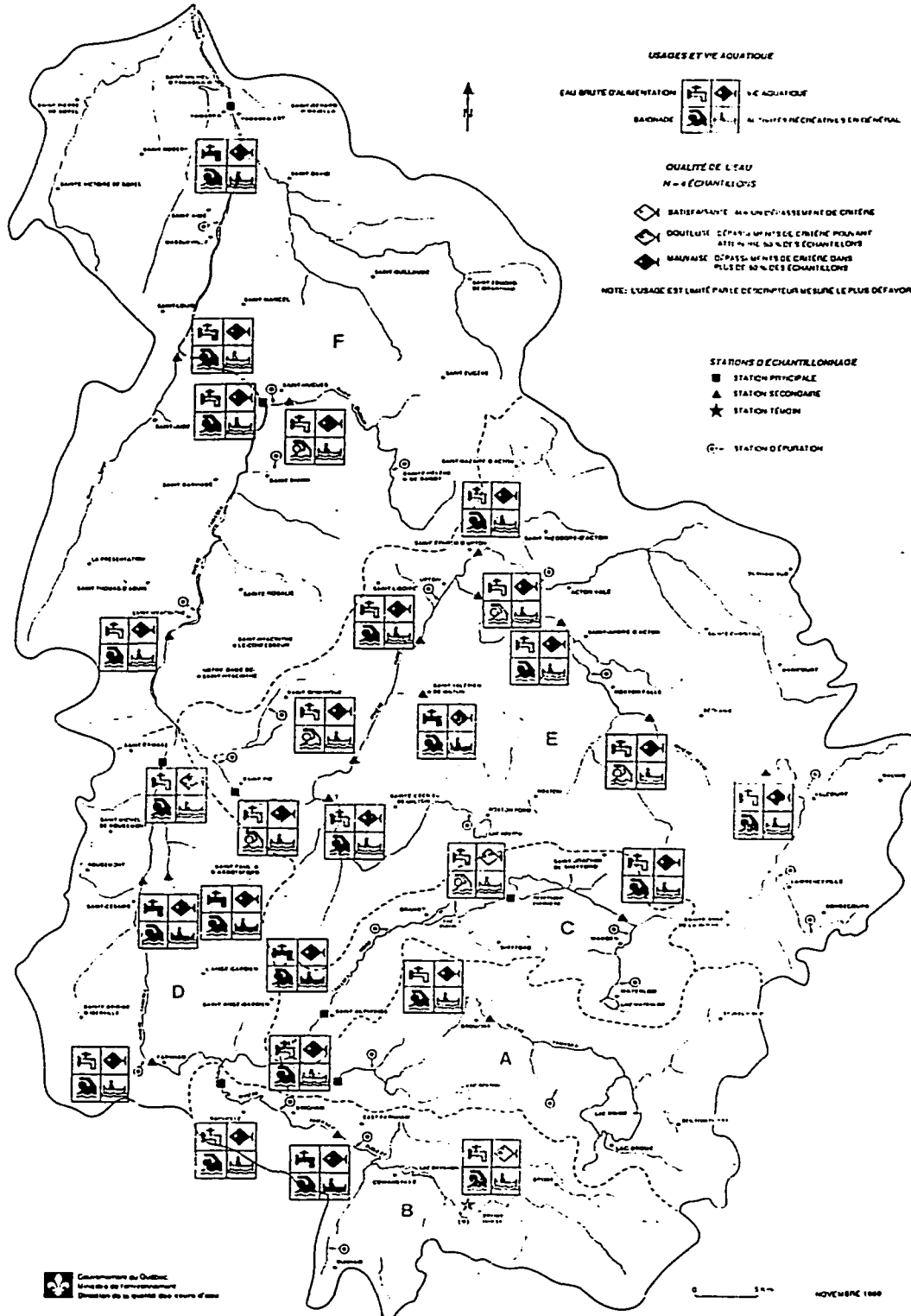
Régions administratives du Québec, 1987



ANNEXE 2

Bassin versant de la rivière Yamaska

**QUALITÉ DE L'EAU AUX STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE À L'ÉTÉ 1988.
(BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE YAMASKA).**



ANNEXE 3

**Les 83 municipalités du bassin versant de la rivière
Yamaska avec leur population et la superficie en culture**

Subdivision de recensement	?	Division de recensement	Pop.	Terre en culture
ACTON VALE	V	ACTON	4 468	nd
BÉTHANIE	SD	ACTON	378	1 157 hectares
BOTON-OUEST	SD	BROME-MISSISQUOI	624	789 hectares
BONSECOURS	SD	LE VAL SAINT-FRANÇOIS	491	497 hectares
BRIGHAM	SD	BROME-MISSISQUOI	2 284	1 873 hectares
BROME	VL	BROME-MISSISQUOI	290	nd
BROMONT	V	LA HAUTE-YAMASKA	3 408	1 461 hectares
COWANSVILLE	V	BROME-MISSISQUOI	11 982	nd
DUNHAM	V	BROME-MISSISQUOI	3 226	3 655 hectares
DURHAM-SUD	SD	DRUMMOND	1 051	2 200 hectares
EAST FARNHAM	VL	BROME-MISSISQUOI	528	nd
FARNHAM	V	BROME-MISSISQUOI	6 146	nd
GRANBY	V	LA HAUTE-YAMASKA	42 804	nd
GRANBY	CT	LA HAUTE-YAMASKA	10 623	2 919 hectares
L'ANGE-GARDIEN	VL	ROUVILLE	563	nd
LA PRÉSENTATION	P	LES MASKOUTAINS	1 773	6 647 hectares
LAC-BROME	V	BROME-MISSISQUOI	4 824	2 305 hectares
LAWRENCEVILLE	VL	LE VAL SAINT-FRANÇOIS	612	nd
MARICOURT	SD	LE VAL SAINT-FRANÇOIS	433	785 hectares
MASSUEVILLE	VL	LE BAS-RICHELIEU	630	nd
NOTRE-DAME-DE-ST-HYACINTHE	P	LES MASKOUTAINS	860	nd
RACINE	SD	LE VAL SAINT-FRANÇOIS	556	541 hectares

Légende: CT=Canton, P=Paroisse, SD=Sans désignation, V=Ville, nd=non disponible

Source: Statistique Canada, 1991 (Cat. 95-326)

Subdivision de recensement	?	Division de recensement	Pop.	Terre en culture
RAINVILLE	SD	BROME-MISSISQUOI	1 724	3 142 hectares
ROUGEMONT	VL	ROUVILLE	1 159	nd
ROXTON	CT	ACTON	1 116	3 300 hectares
ROXTON FALLS	VL	ACTON	1 336	nd
ROXTON POND	P	LA HAUTE-YAMASKA	2 120	1 909 hectares
ROXTON POND	VL	LA HAUTE-YAMASKA	969	nd
SHEFFORD	CT	LA HAUTE-YAMASKA	3 692	1 380 hectares
ST-AIMÉ	P	LE BAS-RICHELIEU	591	4 906 hectares
ST-ALPHONSE	P	LA HAUTE-YAMASKA	2 575	2 719 hectares
ST-ANDRÉ-D'ACTON	P	ACTON	2 316	2 337 hectares
ST-ANGE-GARDIEN	P	ROUVILLE	1 291	4 694 hectares
ST-BARNABÉ	P	LES MASKOUTAINS	880	5 892 hectares
ST-CÉSAIRE	V	ROUVILLE	2 907	nd
ST-CÉSAIRE	P	ROUVILLE	1 967	6 867 hectares
ST-DAMASE	VL	LES MASKOUTAINS	1 348	nd
ST-DAMASE	P	LES MASKOUTAINS	1 089	8 180 hectares
ST-DAVID	P	LE BAS-RICHELIEU	965	5 776 hectares
ST-DOMINIQUE	VL	LES MASKOUTAINS	2 103	3 982 hectares
ST-EDMOND-DE-GRANTHAM	P	DRUMMOND	544	1 791 hectares
ST-EPHREM-D'UPTON	P	ACTON	848	4 973 hectares
ST-EUGÈNE	SD	DRUMMOND	982	2 456 hectares
ST-GÉRARD-MAGELLA	P	LE BAS-RICHELIEU	272	1 951 hectares

Légende: CT=Canton, P=Paroisse, SD=Sans désignation, V=Ville, nd=non disponible

Source: Statistique Canada, 1991 (Cat. 95-326)

Subdivision de recensement	?	Division de recensement	Pop.	Terre en culture
ST-GUILLAUME	P	DRUMMOND	904	6 116 hectares
ST-GUILLAUME	VL	DRUMMOND	741	nd
ST-HUGUES	SD	LES MASKOUTAINS	1 281	6 416 hectares
ST-HYACINTHE	V	LES MASKOUTAINS	39 292	4 515 hectares
ST-HYACINTHE-LE-CONFESSEUR	P	LES MASKOUTAINS	1 150	nd
ST-JOACHIM-DE-SHEFFORD	P	LA HAUTE-YAMASKA	1 111	2 072 hectares
ST-JUDE	P	LES MASKOUTAINS	1 133	2 868 hectares
ST-LIBOIRE	P	LES MASKOUTAINS	1 383	4 360 hectares
ST-LIBOIRE	VL	LES MASKOUTAINS	904	nd
ST-LOUIS	P	LES MASKOUTAINS	711	3 161 hectares
ST-MARCEL-DE-RICHELIEU	SD	LES MASKOUTAINS	613	4 817 hectares
ST-MICHEL-D'YAMASKA	P	LE BAS-RICHELIEU	1 060	3 685 hectares
ST-MICHEL-DE-ROUGEMONT	P	ROUVILLE	1 354	2 257 hectares
ST-NAZAIRE-D'ACTON	P	ACTON	893	3 437 hectares
ST-PAUL-D'ABBOTSFORD	P	ROUVILLE	2 711	2 800 hectares
ST-PIE	P	LES MASKOUTAINS	2 357	7 748 hectares
ST-PIE	VL	LES MASKOUTAINS	5 467	nd
ST-PIERRE-DE-SOREL	P	LE BAS-RICHELIEU	1 848	393 hectares
ST-ROBERT	P	LE BAS-RICHELIEU	1 203	3 278 hectares
ST-SIMON	P	LES MASKOUTAINS	1 585	4 602 hectares
ST-THÉODORE-D'ACTON	P	ACTON	3 573	4 048 hectares
ST-THOMAS-D'AQUIN	P	LES MASKOUTAINS	1 767	3 377 hectares

Légende: CT=Canton, P=Paroisse, SD=Sans désignation, V=Ville, nd=non disponible

Source: Statistique Canada, 1991 (Cat. 95-326)

Subdivision de recensement	?	Division de recensement	Pop.	Terre en culture
ST-VALÉRIEN-DE-MILTON	CT	LES MASKOUTAINS	1 767	5 778 hectares
STE-ANNE-DE-LAROCHELLE	SD	LE VAL SAINT-FRANÇOIS	571	1 135 hectares
STE-BRIGIDE-D'IBERVILLE	SD	LE HAUT-RICHELIEU	1 296	4 808 hectares
STE-CÉCILE-DE-MILTON	CT	LA HAUTE-YAMASKA	1 745	3 233 hectares
STE-CHRISTINE	P	ACTON	739	2 240 hectares
STE-HÉLÈNE-DE-BAGOT	SD	LES MASKOUTAINS	1 454	4 233 hectares
STE-ROSALIE	VL	LES MASKOUTAINS	3 740	nd
STE-ROSALIE	P	LES MASKOUTAINS	1 578	3 968 hectares
STE-VICTOIRE-DE-SOREL	P	LE BAS-RICHELIEU	2 146	2 240 hectares
STUKELY-SUD	SD	MEMPHRÉMAGOG	248	313 hectares
UPTON	V	ACTON	934	nd
VALCOURT	V	LE VAL SAINT-FRANÇOIS	2 248	nd
VALCOURT	CT	LE VAL SAINT-FRANÇOIS	1 118	1 211 hectares
WARDEN	VL	LA HAUTE-YAMASKA	340	nd
WATERLOO	V	LA HAUTE-YAMASKA	3 964	nd
YAMASKA	VL	LE BAS-RICHELIEU	453	nd
YAMASKA-EST	VL	LE BAS-RICHELIEU	256	nd
TOTAL:			228 986	190 193 hectares

Cette liste contient les 83 municipalités du bassin versant de la rivière Yamaska. Chacune d'elles est accompagnée de sa division de recensement, de sa population en 1991 et du nombre d'hectares en culture. Ces 83 municipalités sont regroupées dans 10 division de recensement. IL s'agit d'Acton, Brome-Missisquoi, Drummond, Le Bas-Richelieu, Le Haut-Richelieu, La Haute-Yamaska, Le Val Saint-François, Les Maskoutains, Memphrémagog et Rouville.

Légende: CT=Canton, P=Paroisse, SD=Sans désignation, V=Ville, nd=non disponible

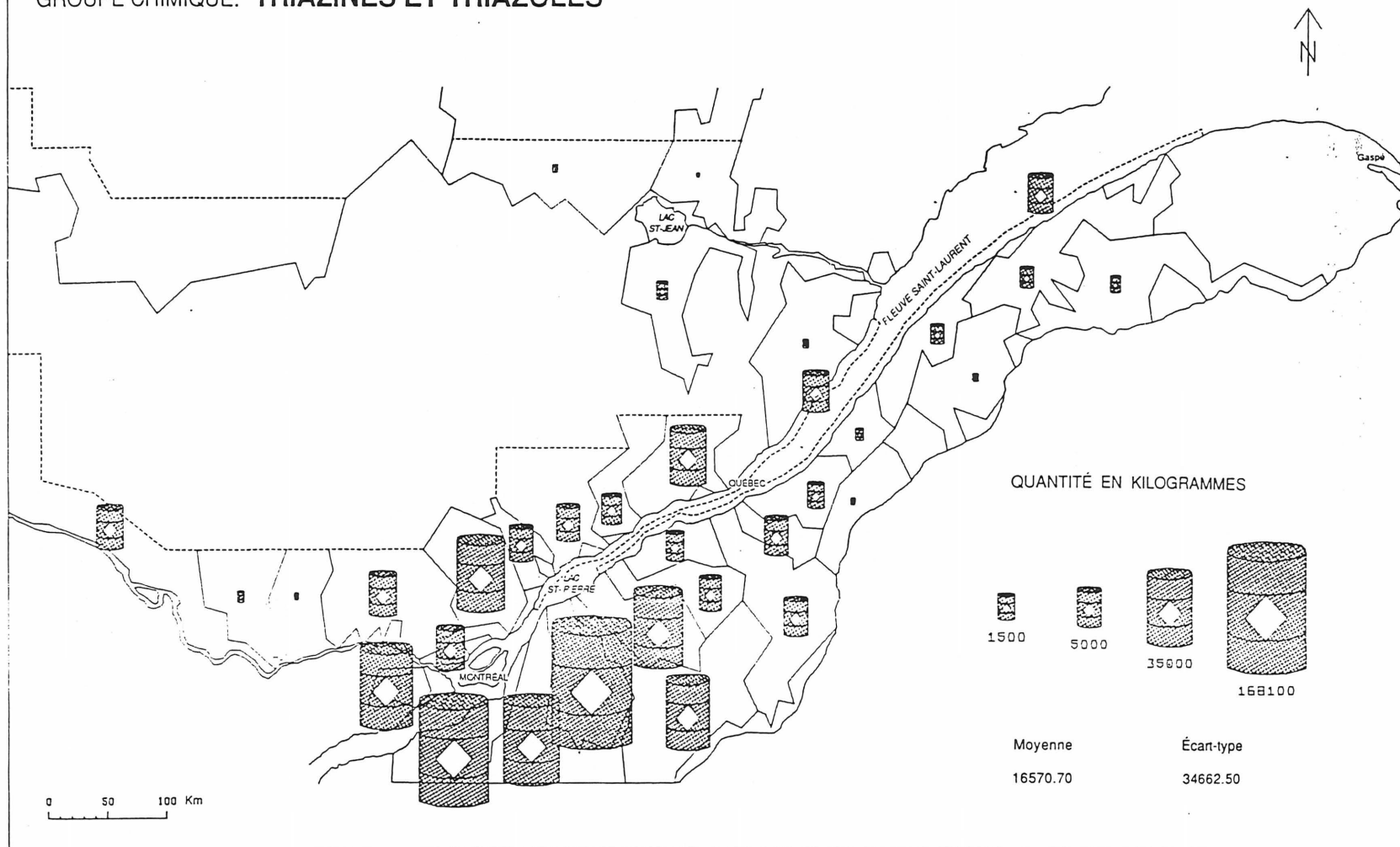
Sources: Statistique Canada, 1991 (Cat. 95-326 et Cat. 95-335)

ANNEXE 4

**Pesticides vendus aux agriculteurs du Québec
par bassin hydrographique, 1982
- Groupe chimique: triazines et triazoles**

PESTICIDES VENDUS AUX AGRICULTEURS DU QUÉBEC
PAR BASSIN HYDROGRAPHIQUE, 1982

GROUPE CHIMIQUE: **TRIAZINES ET TRIAZOLES**



Source: - Reiss et al., 1984.

Réalisation: Daniel Godon et Daniel Nadeau
D.S.C. du C.H.U.L., 1987.

ANNEXE 5

**Utilisation des herbicides, des insecticides ou des
fongicides et surfaces irriguées, pour les dix divisions de
recensement du bassin versant de la rivière Yamaska,
1990**

DIVISION DE RECENSEMENT	Herbicides (hectares)	Insecticides ou fongicides (hectares)	Irrigation (hectares)
ACTON	9 089	1 060	215
ROUVILLE	19 759	5 745	706
BROME-MISSISQUOI	14 413	2 499	319
LE VAL SAINT-FRANÇOIS	1 000	105	34
LA HAUTE-YAMASKA	5 535	858	215
DRUMMOND	22 042	3 022	431
LES MASKOUTAINS	65 368	11 253	994
LE BAS-RICHELIEU	16 517	2 583	351
LE HAUT-RICHELIEU	38 754	3 365	469
MEMPHRÉMAGOG	885	262	8
TOTAL:	193 362	30 752	3 742

Attention: Ces divisions de recensement comprennent les 83 municipalités du bassin versant de la rivière Yamaska mais aussi d'autres municipalités qui ne font pas partie de ce bassin versant. Il s'agit donc de données approximatives.

Source: Statistique Canada, 1991 - Cat. 95-335

ANNEXE 6

**Approximation de la superficie cultivée en maïs
en hectares pour le bassin versant de la rivière Yamaska
à partir des dix divisions de recensement**

DIVISION DE RECENSEMENT	Maïs grain	Maïs sucré	Maïs fourrager
ACTON	6 304	102	532
ROUVILLE	11 345	490	998
BROME-MISSISSUOI	10 763	73	1 640
LE VAL SAINT-FRANÇOIS	67	nd	239
LA HAUTE-YAMASKA	4 477	nd	408
DRUMMOND	12 757	85	1 889
LES MASKOUTAINS	48 445	1 878	1 743
LE BAS-RICHELIEU	11 722	147	531
LE HAUT-RICHELIEU	29 912	253	2 679
MEMPHRÉMAGOG	237	26	119
TOTAL:	136 029	3 054	10 778
			149 861

Note: Ces divisions de recensement comprennent les 83 municipalités du bassin versant de la rivière Yamaska mais aussi d'autres municipalités qui ne font pas partie de ce bassin versant. Il s'agit donc de données approximatives.

Source: Statistique Canada, 1991 - Cat. 95-335

ANNEXE 7

**Densité d'utilisation des pesticides vendus aux
agriculteurs du Québec par bassin hydrographique, 1982**

DENSITÉ D'UTILISATION DES PESTICIDES VENDUS AUX AGRICULTEURS
DU QUÉBEC PAR BASSIN HYDROGRAPHIQUE, 1982

The map displays the distribution of pesticides across various hydrographic basins in Quebec. The basins are shaded according to the following ranges:

Quantité de pesticides vendus (kg)	Superficie totale en culture (ha)
0.01 à 0.10	
0.11 à 0.50	
0.51 à 1.50	
1.51 à 3.20	

Moyenne : 0.70
Écart-type : 0.86

Réalisation: Daniel Godon et Daniel Nadeau
D.S.C. du C.H.U.L., 1987.

ANNEXE 8

**Protocole de prélèvements et questionnaires à l'intention
des participants de St-Hyacinthe, Farnham, et Montréal**

Protocole de prélèvement

Afin de mesurer votre exposition possible aux pesticides du groupe des triazines, nous vous demandons de boire au moins 1,5 litres d'eau de votre robinet (~6 tasses), la veille des prélèvements (c'est-à-dire lundi et mercredi) et de recueillir un échantillon d'urine à deux reprises, c'est-à-dire le mardi et le jeudi matin au réveil. De plus, afin d'avoir certaines données nécessaires à la bonne interprétation des résultats, nous aimerions que vous répondiez à un court questionnaire à la fin des journées de lundi et mercredi. Ces données seront traitées de façon confidentielle. Chaque questionnaire sera numéroté et il faudra inscrire le numéro correspondant sur la bouteille de prélèvement. Trois volontaires devront également recueillir un échantillon de l'eau du robinet le mercredi.

Lundi et mercredi:

- Boire un minimum de 1,5 litre d'eau de votre robinet.
- Répondre au questionnaire en prenant soin de mentionner tous les détails importants.
- Mettre le questionnaire dans une enveloppe fermée (pour des raisons de confidentialité).

Mardi et jeudi:

- Recueillir un échantillon de la première urine du matin dans le contenant. Il est important de se laver les mains avant le prélèvement.
- Bien visser le bouchon.
- Sur une étiquette autocollante, notez votre nom, la date (13,15, 20 ou 22 juin 1995) ainsi que le numéro du questionnaire **(très important)**.
- Coller l'étiquette sur le contenant.
- Mettre le contenant dans un sac de plastique et fermer avec une attache.
- Remettre le questionnaire et l'échantillon d'urine au responsable de votre établissement.

Votre collaboration est très importante pour assurer la bonne marche de cette recherche et soyez assuré que les informations seront traitées de façon confidentielle.

Protocole de prélèvement des 20 volontaires de Montréal

Afin de mesurer votre exposition possible aux pesticides du groupe des triazines, nous vous demandons de boire au moins 1,5 litres d'eau embouteillée (~6 tasses), pendant les trois jours qui précèdent le prélèvement (c'est-à-dire lundi, mardi et mercredi) et de recueillir un échantillon d'urine le jeudi matin au réveil. De plus, afin d'avoir certaines données nécessaires à la bonne interprétation des résultats, nous aimerions que vous répondiez à un court questionnaire à la fin des journées de lundi, mardi et mercredi. Ces données seront traitées de façon confidentielle. Chaque questionnaire sera numéroté et il faudra inscrire le numéro correspondant sur la bouteille de prélèvement. Trois volontaires devront également recueillir un échantillon de l'eau embouteillée le mercredi.

Lundi, mardi et mercredi:

- Boire un minimum de 1,5 litre d'eau embouteillée chaque jour.
- Répondre au questionnaire en prenant soin de mentionner tous les détails importants.
- Mettre le questionnaire dans une enveloppe fermée (pour des raisons de confidentialité).

Jeudi:

- Recueillir un échantillon de la première urine du matin dans le contenant. Il est important de se laver les mains avant le prélèvement.
- Bien visser le bouchon.
- Sur une étiquette autocollante, notez votre nom, la date (15 ou 22 juin 1995) ainsi que le numéro du questionnaire (41 à 60) (**très important**).
- Mettre le contenant dans un sac de plastique et fermer avec une attache.
- Placer au réfrigérateur.
- Remettre le questionnaire et l'échantillon d'urine (et l'échantillon d'eau s'il y a lieu) au responsable du projet.

Votre collaboration est très importante pour assurer la bonne marche de cette recherche et soyez assuré que les informations seront traitées de façon confidentielle.

QUESTIONNAIRE - EAU

DATE: 1995 - 06 - 14

NOM: _____

PRÉNOM: _____

ADRESSE: _____

code postal: _____

 **TÉLÉPHONE DOMICILE:** _____

QUESTIONNAIRE

DATE: 1995 - 06 -

NOM: _____

PRÉNOM: _____

ÂGE: _____ **DATE DE NAISSANCE:** _____
Année - Mois - Jour

ADRESSE: _____

code postal: _____

 **TÉLÉPHONE DOMICILE:** _____

SEXE: _____

POIDS: _____

INGESTA (24 heures):

 **Quantité d'eau du robinet consommée:** _____ millilitres

 **Quantité d'eau du robinet absorbée via d'autres consommations:**

- Thé: _____ millilitres (1 thé = ~200 millilitres)

- Café: _____ millilitres (1 café = ~200 millilitres)

- Jus préparé avec l'eau du robinet: _____ millilitres

- Soupe: _____ millilitres

- Autres (spécifiez): _____ millilitres ? : _____

- AVEZ-VOUS PRIS UNE DOUCHE AUJOURD'HUI? OUI ☐ NON ☐

- AVEZ-VOUS PRIS UN BAIN AUJOURD'HUI? OUI ☐ NON ☐

QUESTIONNAIRE

DATE: 1995 - 06 -

NOM: _____

PRÉNOM: _____

ÂGE: _____

DATE DE NAISSANCE: _____

Année - Mois - Jour

ADRESSE: _____

code postal: _____

 TÉLÉPHONE DOMICILE: _____ TRAVAIL: _____

SEXE: _____

POIDS: _____ livres _____ kilogrammes

INGESTA (24 heures):

Lundi:



Quantité d'eau embouteillée consommée: _____ millilitres



Quantité d'eau du robinet absorbée via d'autres consommations:

- Thé: _____ millilitres (1 thé = ~200 millilitres)

- Café: _____ millilitres (1 café = ~200 millilitres)

- Jus préparé avec l'eau du robinet: _____ millilitres

- Soupe: _____ millilitres

- Autres (spécifiez): _____ millilitres ? : _____

- AVEZ-VOUS PRIS UNE DOUCHE AUJOURD'HUI? OUI ☐ NON ☐

- AVEZ-VOUS PRIS UN BAIN AUJOURD'HUI? OUI ☐ NON ☐

INGESTA (24 heures):

Mardi:



Quantité d'eau embouteillée consommée: _____ millilitres



Quantité d'eau du robinet absorbée via d'autres consommations:

- Thé: _____ millilitres (1 thé = ~200 millilitres)

- Café: _____ millilitres (1 café = ~200 millilitres)

- Jus préparé avec l'eau du robinet: _____ millilitres

- Soupe: _____ millilitres

- Autres (spécifiez): _____ millilitres ? : _____

- AVEZ-VOUS PRIS UNE DOUCHE AUJOURD'HUI? OUI ☐ NON ☐

- AVEZ-VOUS PRIS UN BAIN AUJOURD'HUI? OUI ☐ NON ☐

Mercredi:



Quantité d'eau embouteillée consommée: _____ millilitres



Quantité d'eau du robinet absorbée via d'autres consommations:

- Thé: _____ millilitres (1 thé = ~200 millilitres)

- Café: _____ millilitres (1 café = ~200 millilitres)

- Jus préparé avec l'eau du robinet: _____ millilitres

- Soupe: _____ millilitres

- Autres (spécifiez): _____ millilitres ? : _____

- AVEZ-VOUS PRIS UNE DOUCHE AUJOURD'HUI? OUI ☐ NON ☐

- AVEZ-VOUS PRIS UN BAIN AUJOURD'HUI? OUI ☐ NON ☐

ANNEXE 9

**Résultats d'analyse (données brutes) des triazines des
échantillons d'eau prélevés dans les résidences
de St-Hyacinthe et de Farnham**

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse
de la qualité du milieu

2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52005

CLIENT: Serv. ass. des eaux et trait. des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRIÈVEUR: Mario Lequin
DATE DE PRÉLEVEMENT: 95/06/14
DATE DE RÉCEPTION: 95/06/15
ENDROIT: Eau brute, usine de filtration de Farnham
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 0.5 COUT (\$): 25.00 BOUTEILLE NO.: 1

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Triazines par immunoessai	0.11	µg/L

PROJET DE LABO. NO: 185-95.

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT PARTIEL

RAPPORT EMIS LE : 95/07/11

MARC GIGNAC, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse
de la qualité du milieu
2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52006

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Mario Lequin
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/14
DATE DE RECEPTION: 95/06/15
ENDROIT: Eau traitée, usine de filtration de Farnham
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 0.5 COUT (\$): 25.00 BOUTEILLE NO.: 2

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Triazines par immunoessai	0.28	µg/L

PROJET DE LABO. NO: 185-95.

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT PARTIEL

RAPPORT EMIS LE : 95/07/11

MARC GIGNAC, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse de
la qualité du milieu

2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52005

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Mario Lequin
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/14
DATE DE RECEPTION: 95/06/15
ENDROIT PRELEVEMENT: Eau brute, usine de filtration de Farnham
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 5.66 COUT (\$): 249.00 BOUTEILLE NO.: 1

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Pesticides organophosphorés, triazines et autres		
Dichlorvos	<0.04	µg/L
Diuron	<0.2	µg/L
Eptc	<0.02	µg/L
Mévinphos	<0.04	µg/L
Butylate	<0.02	µg/L
Tébutiuron	<0.2	µg/L
Dééthyle simazine	TRA	
Dééthyle atrazine	TRA	
Trifluraline	<0.06	µg/L
Phorate	<0.04	µg/L
Diméthoate	<0.03	µg/L
Simazine	TRA	
Carbofurane	<0.04	µg/L
Atrazine	0.17	µg/L
Terbufos	<0.05	µg/L
Fonofos	<0.02	µg/L
Diazinon	<0.02	µg/L
Disulfoton	<0.03	µg/L
Chlorothalonil	<0.06	µg/L
Métribuzine	<0.04	µg/L

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52005

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Méthyle parathion	<0.03	µg/L
Carbaryle	TRA	
Chloroxuron	<0.09	µg/L
Fénitrothion	<0.04	µg/L
Linuron	<0.08	µg/L
Cyanazine	<0.04	µg/L
Malathion	<0.02	µg/L
Métolachlore	0.15	µg/L
Chlorpyrifos	<0.03	µg/L
Éthyle parathion	<0.06	µg/L
Chlorfenvinphos	<0.06	µg/L
Azinphos-méthyl	<0.08	µg/L
Phosalone	<0.03	µg/L

PROJET DE LABO. NO: 185-95.

TRA: Traces

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT EMIS LE : 95/08/15

NATHALIE DASSYLVA, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse de
la qualité du milieu
2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52006

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais.
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Mario Lequin
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/14
DATE DE RECEPTION: 95/06/15
ENDROIT PRELEVEMENT: Eau traitée, usine de filtration de Farnham
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 5.66 COUT (\$): 249.00 BOUTEILLE NO.: 2

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
<u>Pesticides organophosphorés, triazines et autres</u>		
Dichlorvos	<0.04	µg/L
Diuron	<0.2	µg/L
Eptc	<0.02	µg/L
Mévinphos	<0.04	µg/L
Butylate	<0.02	µg/L
Tébutiuron	<0.2	µg/L
Dééthyle simazine	<0.03	µg/L
Dééthyle atrazine	0.03	µg/L
Trifluraline	<0.06	µg/L
Phorate	<0.04	µg/L
Diméthoate	<0.03	µg/L
Simazine	<0.02	µg/L
Carbofurane	<0.04	µg/L
Atrazine	0.18	µg/L
Terbufos	<0.05	µg/L
Fonofos	<0.02	µg/L
Diazinon	<0.02	µg/L
Disulfoton	<0.03	µg/L
Chlorothalonil	<0.06	µg/L
Métribuzine	<0.04	µg/L

**RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES**

NUMERO DE LABORATOIRE: 52006

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Méthyle parathion	<0.03	µg/L
Carbaryle	TRA	
Chloroxuron	<0.09	µg/L
Fénitrothion	<0.04	µg/L
Linuron	<0.08	µg/L
Cyanazine	<0.04	µg/L
Malathion	<0.02	µg/L
Métolachlore	0.18	µg/L
Chlorpyrifos	<0.03	µg/L
Éthyle parathion	<0.06	µg/L
Chlorfenvinphos	<0.06	µg/L
Azinphos-méthyl	<0.08	µg/L
Phosalone	<0.03	µg/L

PROJET DE LABO. NO: 185-95.

TRA: Traces

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT EMIS LE : 95/08/15

NATHALIE DASSYLVA, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse
de la qualité du milieu
2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52092

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Nicolas Labranche
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/14
DATE DE RECEPTION: 95/06/16
ENDROIT: boul. Kirk, Farnham, J2N 2N2
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 0.5 COUT (\$): 25.00 BOUTEILLE NO.: 01

PARAMETRE(S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Triazines par immunoessai	0.18	µg/L

PROJET DE LABO. NO: 193-95.

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT PARTIEL

RAPPORT EMIS LE : 95/07/12

MARC GIGNAC, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse de
la qualité du milieu

2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52092

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Nicolas Labranche
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/14
DATE DE RECEPTION: 95/06/16
ENDROIT PRELEVEMENT: boul. Kirk, Farnham, J2N 2N2
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 5.66 COUT (\$): 249.00 BOUTEILLE NO.: 01

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESUR.
Pesticides organophosphorés, triazines et autres		
Dichlorvos	<0.04	µg/L
Diuron	<0.2	µg/L
Eptc	<0.02	µg/L
Mévinphos	<0.04	µg/L
Butylate	<0.02	µg/L
Tébutiuron	<0.2	µg/L
Dééthyle simazine	<0.03	µg/L
Dééthyle atrazine	TRA	
Trifluraline	<0.06	µg/L
Phorate	<0.04	µg/L
Diméthoate	<0.03	µg/L
Simazine	<0.02	µg/L
Carbofurane	<0.04	µg/L
Atrazine	0.17	µg/L
Terbufos	<0.05	µg/L
Fonofos	<0.02	µg/L
Diazinon	<0.02	µg/L
Disulfoton	<0.03	µg/L
Chlorothalonil	<0.05	µg/L
Métribuzine	<0.04	µg/L

29 AVR 1997

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52092

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Méthyle parathion	<0.03	µg/L
Carbaryl	TRA	
Chloroxuron	<0.09	µg/L
Fénitrothion	<0.04	µg/L
Linuron	<0.08	µg/L
Cyanazine	<0.04	µg/L
Malathion	<0.02	µg/L
Métolachlore	0.15	µg/L
Chlorpyrifos	<0.03	µg/L
Éthyle parathion	<0.06	µg/L
Chlorfenvinphos	<0.06	µg/L
Azinphos-méthyl	<0.08	µg/L
Phosalone	<0.03	µg/L

PROJET DE LABO. NO: 193-95.

TRA: Traces

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT EMIS LE : 95/08/28

NATHALIE DASSYLVA, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse
de la qualité du milieu
2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52093

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Dominic Audy
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/14
DATE DE RECEPTION: 95/06/16
ENDROIT: Yamaska ouest, Farnham, J2N 1H2
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 0.5 COUT (\$): 25.00 BOUTEILLE NO.: 02

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Triazines par immunoessai	0.21	µg/L

PROJET DE LABO. NO: 193-95.

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT PARTIEL

RAPPORT EMIS LE : 95/07/12

MARC GIGNAC, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse de
la qualité du milieu

2700, Rue Einstein
Stc-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52093

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
PROJET: Direction des politiques du secteur municipal
RESPONSABLE: Triazines immuno-essais
PRELEVEUR: Hélène Tremblay
DATE DE PRELEVEMENT: Dominic Audy
DATE DE RECEPTION: 95/06/14
ENDROIT PRELEVEMENT: 95/06/16 Yamaska ouest, Farnham, J2N 1H2
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 5.66 COUT (\$): 249.00 BOUTEILLE NO.: 02

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Pesticides organophosphorés, triazines et autres		
Dichlorvos	<0.04	µg/L
Diuron	<0.2	µg/L
Eptc	<0.02	µg/L
Mévinphos	<0.04	µg/L
Butylate	<0.02	µg/L
Tébutiuron	<0.2	µg/L
Dééthyle simazine	<0.03	µg/L
Dééthyle atrazine	0.03	µg/L
Trifluraline	<0.06	µg/L
Phorate	<0.04	µg/L
Diméthoate	<0.03	µg/L
Simazine	<0.02	µg/L
Carbofurane	<0.04	µg/L
Atrazine	0.18	µg/L
Terbufos	<0.05	µg/L
Fonofos	<0.02	µg/L
Diazinon	<0.02	µg/L
Disulfoton	<0.03	µg/L
Chlorothalonil	<0.06	µg/L
Métribuzine	<0.04	µg/L

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52093

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESUR
Méthyle parathion	<0.03	µg/L
Carbaryle	<0.03	µg/L
Chloroxuron	<0.09	µg/L
Fénitrothion	<0.04	µg/L
Linuron	<0.08	µg/L
Cyanazine	<0.04	µg/L
Malathion	<0.02	µg/L
Métolachlore	0.15	µg/L
Chlorpyrifos	<0.03	µg/L
Éthyle parathion	<0.06	µg/L
Chlorfenvinphos	<0.06	µg/L
Azinphos-méthyl	<0.08	µg/L
Phosalone	<0.03	µg/L

PROJET DE LABO. NO: 193-95.

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT EMIS LE : 95/08/28

NATHALIE DASSYLVA, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse
de la qualité du milieu

2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52094

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Ghislain Choquette
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/14
DATE DE RECEPTION: 95/06/16
ENDROIT: Gauthier, Farnham, J2N 1Y9
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 0.5 COUT (\$): 25.00 BOUTEILLE NO.: 03

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Triazines par immunoessai	0.23	µg/L

PROJET DE LABO. NO: 193-95.

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT PARTIEL

RAPPORT EMIS LE : 95/07/12

MARC GIGNAC, CHIMISTE

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52467

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Méthyle parathion	<0.03	µg/L
Carbaryle	<0.03	µg/L
Chloroxuron	<0.09	µg/L
Fénitrothion	<0.04	µg/L
Linuron	<0.08	µg/L
Cyanazine	<0.04	µg/L
Malathion	<0.02	µg/L
Métolachlore	0.03	µg/L
Chlorpyrifos	<0.03	µg/L
Éthyle parathion	<0.06	µg/L
Chlorfenvinphos	<0.06	µg/L
Azinphos-méthyl	<0.08	µg/L
Phosalone	<0.03	µg/L

Projet de labo. no: 219-95

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT EMIS LE : 95/09/06

---HALIE DASSYLVA, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse
de la qualité du milieu
2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52468

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
PROJET: Direction des politiques du secteur municipal
RESPONSABLE: Triazines immuno-essais
PRELEVEUR: Hélène Tremblay
DATE DE PRELEVEMENT: Gérard Robichaud/ dep. sa
DATE DE RECEPTION: 95/06/21
ENDROIT: 95/06/22
NATURE: Ledoux, Ste-Rosalie, JOH 1X0
Eau potable
TEMPS (hre): 0.5 COUT (\$): 25.00 BOUTEILLE NO.: 12

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Triazines par immunoessai	0.12	µg/L

PROJET DE LABO. NO: 219-95.

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT PARTIEL

RAPPORT EMIS LE : 95/07/18

MARC GIGNAC, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse de
la qualité du milieu

2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52468

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
PROJET: Direction des politiques du secteur municipal
RESPONSABLE: Triazines immuno-essais
PRELEVEUR: Hélène Tremblay
DATE DE PRELEVEMENT: Gérard Robichaud/ dep. sa
DATE DE RECEPTION: 95/06/21
ENDROIT PRELEVEMENT: 95/06/22
NATURE: Ledoux, Ste-Rosalie, JOH 1X0
TEMPS (hre): eau potable
5.66 COUT (\$): 249.00 BOUTEILLE NO.: 12

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Pesticides organophosphorés, triazines et autres		
Dichlorvos	<0.04	µg/L
Diuron	<0.2	µg/L
Eptc	<0.02	µg/L
Mévinphos	<0.04	µg/L
Butylate	<0.02	µg/L
Tébutiuron	<0.2	µg/L
Dééthyle simazine	0.04	µg/L
Dééthyle atrazine	0.08	µg/L
Trifluraline	<0.06	µg/L
Phorate	<0.04	µg/L
Diméthoate	<0.03	µg/L
Simazine	<0.02	µg/L
Carbofurane	<0.04	µg/L
Atrazine	0.13	µg/L
Terbufos	<0.05	µg/L
Fonofos	<0.02	µg/L
Diazinon	<0.02	µg/L
Disulfoton	<0.03	µg/L
Chlorothalonil	<0.06	µg/L
Métribuzine	<0.04	µg/L

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52468

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Méthyle parathion	<0.03	µg/L
Carbaryl	<0.03	µg/L
Chloroxuron	<0.09	µg/L
Fénitrothion	<0.04	µg/L
Linuron	<0.08	µg/L
Cyanazine	<0.04	µg/L
Malathion	<0.02	µg/L
Métolachlore	0.03	µg/L
Chlorpyrifos	<0.03	µg/L
Éthyle parathion	<0.06	µg/L
Chlorfenvinphos	<0.06	µg/L
Azinphos-méthyl	<0.08	µg/L
Phosalone	<0.03	µg/L

Projet de labo. no: 219-95

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT EMIS LE : 95/09/06

NATHALIE DASSYLVA, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse
de la qualité du milieu
2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52466

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Yves Charron/ dep. santé
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/21
DATE DE RECEPTION: 95/06/22
ENDROIT: rue Morin, St-Hyacinthe
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 0.5 COUT (\$): 25.00 BOUTEILLE NO.: 10

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Triazines par immunoessai	0.11	µg/L

PROJET DE LABO. NO: 219-95.

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT PARTIEL

RAPPORT EMIS LE : 95/07/18

MARC GIGNAC, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse de
la qualité du milieu

2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

**RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES**

NUMERO DE LABORATOIRE: 52466

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Yves Charron/ dep. santé
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/21
DATE DE RECEPTION: 95/06/22
ENDROIT PRELEVEMENT: rue Morin, St-Hyacinthe
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 5.66 COUT (\$): 249.00 BOUTEILLE NO.: 10

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Pesticides organophosphorés, triazines et autres		
Dichlorvos	<0.04	µg/L
Diuron	<0.2	µg/L
Eptc	<0.02	µg/L
Mévinphos	<0.04	µg/L
Butylate	<0.02	µg/L
Tébutiuron	<0.2	µg/L
Dééthyle simazine	0.04	µg/L
Dééthyle atrazine	0.08	µg/L
Trifluraline	<0.06	µg/L
Phorate	<0.04	µg/L
Diméthoate	<0.03	µg/L
Simazine	<0.02	µg/L
Carbofurane	<0.04	µg/L
Atrazine	0.11	µg/L
Terbufos	<0.05	µg/L
Fonofos	<0.02	µg/L
Diazinon	<0.02	µg/L
Disulfoton	<0.03	µg/L
Chlorothalonil	<0.06	µg/L
Métribuzine	<0.04	µg/L

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52466

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Méthyle parathion	<0.03	µg/L
Carbaryl	<0.03	µg/L
Chloroxuron	<0.09	µg/L
Fénitrothion	<0.04	µg/L
Linuron	<0.08	µg/L
Cyanazine	<0.04	µg/L
Malathion	<0.02	µg/L
Métolachlore	0.03	µg/L
Chlorpyrifos	<0.03	µg/L
Éthyle parathion	<0.06	µg/L
Chlorfenvinphos	<0.06	µg/L
Azinphos-méthyl	<0.08	µg/L
Phosalone	<0.03	µg/L

Projet de labo. no: 219-95

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT EMIS LE : 95/09/06

ATHALIE DASSYLVA, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse
de la qualité du milieu

2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52464

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Jennifer Dupras/ dep. san
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/21
DATE DE RECEPTION: 95/06/22
ENDROIT: Yamaska est, Farnham, J2N 1H7
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 0.5 COUT (\$): 25.00 BOUTEILLE NO.: 05

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Triazines par immunoessai	0.10	µg/L

PROJET DE LABO. NO: 219-95.

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT PARTIEL

RAPPORT EMIS LE : 95/07/18

MARC GIGNAC, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse de
la qualité du milieu

2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52464

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Jennifer Dupras/ dep. san
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/21
DATE DE RECEPTION: 95/06/22
ENDROIT PRELEVEMENT: Yamaska est, Farnham, J2N 1H7
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 5.66 COUT (\$): 249.00 BOUTEILLE NO.: 05

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Pesticides organophosphorés, triazines et autres		
Dichlorvos	<0.04	µg/L
Diuron	<0.2	µg/L
Epte	<0.02	µg/L
Mévinphos	<0.04	µg/L
Butylate	<0.02	µg/L
Tébutiuron	<0.2	µg/L
Dééthyle simazine	<0.03	µg/L
Dééthyle atrazine	<0.03	µg/L
Trifluraline	<0.06	µg/L
Phorate	<0.04	µg/L
Diméthoate	<0.03	µg/L
Simazine	<0.02	µg/L
Carbofurane	<0.04	µg/L
Atrazine	0.16	µg/L
Terbufos	<0.05	µg/L
Fonofos	<0.02	µg/L
Diazinon	0.29	µg/L
Disulfoton	<0.03	µg/L
Chlorothalonil	<0.04	µg/L
Métribuzine	<0.04	µg/L

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52464

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Méthyle parathion	<0.03	µg/L
Carbaryl	<0.03	µg/L
Chloroxuron	<0.09	µg/L
Fénitrothion	<0.04	µg/L
Linuron	<0.08	µg/L
Cyanazine	<0.04	µg/L
Malathion	<0.02	µg/L
Métolachlore	0.10	µg/L
Chlorpyrifos	<0.03	µg/L
Éthyle parathion	<0.06	µg/L
Chlorfenvinphos	<0.06	µg/L
Azinphos-méthyl	<0.08	µg/L
Phosalone	<0.03	µg/L

Projet de labo. no: 219-95

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT EMIS LE : 95/09/06

NATHALIE DASSYVA, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse
de la qualité du milieu
2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52465

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Annie Gomeau/ dep. santé
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/21
DATE DE RECEPTION: 95/06/22
ENDROIT: St-Bruno, Farnham, J2N 2G3
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 0.5 COUT (\$): 25.00 BOUTEILLE NO.: 06

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Triazines par immunoessai	0.09	µg/L

PROJET DE LABO. NO: 219-95.

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT PARTIEL

RAPPORT EMIS LE : 95/07/18

MARC GIGNAC, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse de
la qualité du milieu

2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

**RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES**

NUMERO DE LABORATOIRE: 52465

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Annie Gomeau/ dep. santé
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/21
DATE DE RECEPTION: 95/06/22
ENDROIT PRELEVEMENT: St-Bruno, Farnham, J2N 2G3
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 5.66 COUT (\$): 249.00 BOUTEILLE NO.: 06

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESUR
Pesticides organophosphorés, triazines et autres		
Dichlorvos	<0.04	µg/L
Diuron	<0.2	µg/L
Eptc	<0.02	µg/L
Mévinphos	<0.04	µg/L
Butylate	<0.02	µg/L
Tébutiuron	<0.2	µg/L
Dééthyle simazine	<0.03	µg/L
Dééthyle atrazine	TRA	
Trifluraline	<0.06	µg/L
Phorate	<0.04	µg/L
Diméthoate	<0.03	µg/L
Simazine	<0.02	µg/L
Carbofurane	<0.04	µg/L
Atrazine	0.11	µg/L
Terbufos	<0.05	µg/L
Fonofos	<0.02	µg/L
Diazinon	<0.02	µg/L
Disulfoton	<0.03	µg/L
Chlorothalonil	<0.06	µg/L
Métribuzine	<0.04	µg/L

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52465

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Méthyle parathion	<0.03	µg/L
Carbaryl	<0.03	µg/L
Chloroxuron	<0.09	µg/L
Fénitrothion	<0.04	µg/L
Linuron	<0.08	µg/L
Cyanazine	<0.04	µg/L
Malathion	<0.02	µg/L
Métolachlore	0.06	µg/L
Chlorpyrifos	<0.03	µg/L
Éthyle parathion	<0.06	µg/L
Chlorfenvinphos	<0.06	µg/L
Azinphos-méthyl	<0.08	µg/L
Phosalone	<0.03	µg/L

Projet de labo. no: 219-95

TRA: Traces

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT EMIS LE : 95/09/06

NATHALIE DASSYIVA, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse
de la qualité du milieu
2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52456

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Ginette Bernard
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/21
DATE DE RECEPTION: 95/06/22
ENDROIT: Eau brute, usine de filtration de St-Hyacinthe
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 0.5 COUT (\$): 25.00 BOUTEILLE NO.: 1

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Triazines par immunoessai	0.31	µg/L

PROJET DE LABO. NO: 217-95.

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT PARTIEL

RAPPORT EMIS LE : 95/07/14

MARC GIGNAC, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse de
la qualité du milieu

2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52456

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Ginette Bernard
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/21
DATE DE RECEPTION: 95/06/22
ENDROIT PRELEVEMENT: Eau brute, usine de filtration de St-Hyacinthe
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 5.66 COUT (\$): 249.00 BOUTEILLE NO.: 1

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Pesticides organophosphorés, triazines et autres		
Dichlorvos	<0.04	µg/L
Diuron	<0.2	µg/L
Eptc	<0.02	µg/L
Mévinphos	<0.04	µg/L
Butylate	<0.02	µg/L
Tébutiuron	<0.2	µg/L
Dééthyle simazine	<0.03	µg/L
Dééthyle atrazine	0.06	µg/L
Trifluraline	<0.06	µg/L
Phorate	<0.04	µg/L
Diméthoate	<0.03	µg/L
Simazine	TRA	
Carbofurane	<0.04	µg/L
Atrazine	0.25	µg/L
Terbufos	<0.05	µg/L
Fonofos	<0.02	µg/L
Diazinon	<0.02	µg/L
Disulfoton	<0.03	µg/L
Chlorothalonil	<0.06	µg/L
Métribuzine	<0.04	µg/L

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52456

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Méthyle parathion	<0.03	µg/L
Carbaryle	<0.03	µg/L
Chloroxuron	<0.09	µg/L
Fénitrothion	<0.04	µg/L
Linuron	<0.08	µg/L
Cyanazine	<0.04	µg/L
Malathion	<0.02	µg/L
Métolachlore	0.15	µg/L
Chlorpyrifos	<0.03	µg/L
Éthyle parathion	<0.06	µg/L
Chlorfenvinphos	<0.06	µg/L
Azinphos-méthyl	<0.08	µg/L
Phosalone	<0.03	µg/L

Projet de labo. no: 217-95

TRA: Traces

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT EMIS LE : 95/09/06

NATHALIE DASSYLVA, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse
de la qualité du milieu

2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52457

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
PROJET: Direction des politiques du secteur municipal
RESPONSABLE: Triazines immuno-essais
PRELEVEUR: Hélène Tremblay
DATE DE PRELEVEMENT: Ginette Bernard
DATE DE RECEPTION: 95/06/21
ENDROIT: 95/06/22
NATURE: Eau traitée, usine de filtration de St-Hyacinthe
TEMPS (hre): Eau potable
0.5 COUT (\$): 25.00 BOUTEILLE NO.: 2

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Triazines par immunoessai	0.12	µg/L

PROJET DE LABO. NO: 217-95.

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT PARTIEL

RAPPORT EMIS LE : 95/07/14

MARC GIGNAC, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse de
la qualité du milieu

2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52457

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Ginette Bernard
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/21
DATE DE RECEPTION: 95/06/22
ENDROIT PRELEVEMENT: Eau traitée, usine de filtration de St-Hyacinthe
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 5.66 COUT (\$): 249.00 BOUTEILLE NO.: 2

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Pesticides organophosphorés, triazines et autres		
Dichlorvos	<0.04	µg/L
Diuron	<0.2	µg/L
Eptc	<0.02	µg/L
Mévinphos	<0.04	µg/L
Butylate	<0.02	µg/L
Tébutiuron	<0.2	µg/L
Dééthyle simazine	0.03	µg/L
Dééthyle atrazine	0.07	µg/L
Trifluraline	<0.06	µg/L
Phorate	<0.04	µg/L
Diméthoate	<0.03	µg/L
Simazine	<0.02	µg/L
Carbofurane	<0.04	µg/L
Atrazine	0.11	µg/L
Terbufos	<0.05	µg/L
Fonofos	<0.02	µg/L
Diazinon	<0.02	µg/L
Disulfoton	<0.03	µg/L
Chlorothalonil	<0.06	µg/L
Métribuzine	<0.04	µg/L

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52457

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Méthyle parathion	<0.03	µg/L
Carbaryle	<0.03	µg/L
Chloroxuron	<0.09	µg/L
Fénitrothion	<0.04	µg/L
Linuron	<0.08	µg/L
Cyanazine	<0.04	µg/L
Malathion	<0.02	µg/L
Métolachlore	0.02	µg/L
Chlorpyrifos	<0.03	µg/L
Éthyle parathion	<0.06	µg/L
Chlorfenvinphos	<0.06	µg/L
Azinphos-méthyl	<0.08	µg/L
Phosalone	<0.03	µg/L

Projet de labo. no: 217-95

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT EMIS LE : 95/09/06

NATHALIE DASSYLVA, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse
de la qualité du milieu

2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52467

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
PROJET: Direction des politiques du secteur municipal
RESPONSABLE: Triazines immuno-essais
PRELEVEUR: Hélène Tremblay
DATE DE PRELEVEMENT: Serge Rouleau/ dep. santé
DATE DE RECEPTION: 95/06/21
ENDROIT: 95/06/22
NATURE: rue Nichols, app. St-Hyacinthe, J2S 2X6
TEMPS (hre): Eau potable
0.5 COUT (\$): 25.00 BOUTEILLE NO.: 11

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Triazines par immunoessai	0.11	µg/L

PROJET DE LABO. NO: 219-95.



J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT PARTIEL

RAPPORT EMIS LE : 95/07/18

MARC GIGNAC, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse de
la qualité du milieu
2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52467

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Serge Rouleau/ dep. santé
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/21
DATE DE RECEPTION: 95/06/22
ENDROIT PRELEVEMENT: rue Nichols, St-Hyacinthe, J2S 2X6
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 5.66 COUT (\$): 249.00 BOUTEILLE NO.: 11

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Pesticides organophosphorés, triazines et autres		
Dichlorvos	<0.04	µg/L
Diuron	<0.2	µg/L
Eptc	<0.02	µg/L
Mévinphos	<0.04	µg/L
Butylate	<0.02	µg/L
Tébutiuron	<0.2	µg/L
Dééthyle simazine	0.04	µg/L
Dééthyle atrazine	0.08	µg/L
Trifluraline	<0.06	µg/L
Phorate	<0.04	µg/L
Diméthoate	<0.03	µg/L
Simazine	<0.02	µg/L
Carbofurane	<0.04	µg/L
Atrazine	0.13	µg/L
Terbufos	<0.05	µg/L
Fonofos	<0.02	µg/L
Diazinon	<0.02	µg/L
Disulfoton	<0.03	µg/L
Chlorothalonil	<0.06	µg/L
Métribuzine	<0.04	µg/L

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse de
la qualité du milieu

2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52002

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Ginette Bernard
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/14
DATE DE RECEPTION: 95/06/15
ENDROIT PRELEVEMENT: Eau traitée, usine de filtration de St-Hyacinthe
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 5.66 COUT (\$): 249.00 BOUTEILLE NO.: 2

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Pesticides organophosphorés, triazines et autres		
Dichlorvos	<0.04	µg/L
Diuron	<0.2	µg/L
Eptc	<0.02	µg/L
Mévinphos	<0.04	µg/L
Butylate	<0.02	µg/L
Tébutiuron	<0.2	µg/L
Dééthyle simazine	0.03	µg/L
Dééthyle atrazine	0.08	µg/L
Trifluraline	<0.06	µg/L
Phorate	<0.04	µg/L
Diméthoate	<0.03	µg/L
Simazine	<0.02	µg/L
Carbofurane	<0.04	µg/L
Atrazine	0.10	µg/L
Terbufos	<0.05	µg/L
Fonofos	<0.07	µg/L
Diazinon	<0.02	µg/L
Disulfoton	<0.03	µg/L
Chlorothalonil	<0.06	µg/L
Métribuzine	<0.04	µg/L

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52002

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Méthyle parathion	<0.03	µg/L
Carbaryl	<0.03	µg/L
Chloroxuron	<0.09	µg/L
Fénitrothion	<0.04	µg/L
Linuron	<0.08	µg/L
Cyanazine	<0.04	µg/L
Malathion	<0.02	µg/L
Métolachlore	0.03	µg/L
Chlorpyrifos	<0.03	µg/L
Éthyle parathion	<0.06	µg/L
Chlorfenvinphos	<0.06	µg/L
Azinphos-méthyl	<0.08	µg/L
Phosalone	<0.03	µg/L

PROJET DE LABO. NO: 185-95.

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT EMIS LE : 95/08/15

NATHALIE DASSYLVA, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse
de la qualité du milieu
2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52095

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Sylvie Lussier
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/14
DATE DE RECEPTION: 95/06/16
ENDROIT: Jolibois, Ste-Rosalie, JOH 1X0
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 0.5 COUT (\$): 25.00 BOUTEILLE NO.: 07

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Triazines par immunoessai	0.13	µg/L

PROJET DE LABO. NO: 193-95.

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT PARTIEL

RAPPORT EMIS LE : 95/07/12

MARC GIGNAC, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse de
la qualité du milieu

2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52095

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
PROJET: Direction des politiques du secteur municipal
RESPONSABLE: Triazines immuno-essais
PRELEVEUR: Hélène Tremblay
DATE DE PRELEVEMENT: Sylvie Lussier
DATE DE RECEPTION: 95/06/14
ENDROIT PRELEVEMENT: 95/06/15
NATURE: Jolibois, Ste-Rosalie, JOH 1X0
TEMPS (hre): Eau potable
5.66 COUT (\$): 249.00 BOUTEILLE NO.: 07

PARAMÈTRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Pesticides organophosphorés, triazines et autres		
Dichlorvos	<0.04	µg/L
Diuron	<0.2	µg/L
Eptc	<0.02	µg/L
Mévinphos	<0.04	µg/L
Butylate	<0.02	µg/L
Tébutiuron	<0.2	µg/L
Dééthyle simazine	0.03	µg/L
Dééthyle atrazine	0.11	µg/L
Trifluraline	<0.06	µg/L
Phorate	<0.04	µg/L
Diméthoate	<0.03	µg/L
Simazine	<0.02	µg/L
Carbofurane	<0.04	µg/L
Atrazine	0.11	µg/L
Terbufos	<0.05	µg/L
Fonofos	<0.02	µg/L
Diazinon	<0.02	µg/L
Disulfoton	<0.03	µg/L
Chlorothalonil	<0.06	µg/L
Métribuzine	<0.04	µg/L

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52095

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Méthyle parathion	<0.03	µg/L
Carbaryle	<0.03	µg/L
Chloroxuron	<0.09	µg/L
Fénitrothion	<0.04	µg/L
Linuron	<0.08	µg/L
Cyanazine	<0.04	µg/L
Malathion	<0.02	µg/L
Métolachlore	0.03	µg/L
Chlorpyrifos	<0.03	µg/L
Éthyle parathion	<0.06	µg/L
Chlorfenvinphos	<0.06	µg/L
Azinphos-méthyl	<0.08	µg/L
Phosalone	<0.03	µg/L

PROJET DE LABO. NO: 193-95.

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT EMIS LE : 95/08/28

NATHALIE DASSYLVA, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse
de la qualité du milieu

2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52096

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Claire Leduc
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/14
DATE DE RECEPTION: 95/06/16
ENDROIT: Raymond, St-Hyacinthe
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 0.5 COUT (\$): 25.00 BOUTEILLE NO.: 08

PARAMETRE(S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Triazines par immunoessai	0.11	µg/L

PROJET DE LABO. NO: 193-95.

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT PARTIEL

RAPPORT EMIS LE : 95/07/12

MARC GIGNAC, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse de
la qualité du milieu

2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52096

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Claire Leduc
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/14
DATE DE RECEPTION: 95/06/16
ENDROIT PRELEVEMENT: Raymond, St-Hyacinthe
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 5.66 COUT (\$): 249.00 BOUTEILLE NO.: 08

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Pesticides organophosphorés, triazines et autres		
Dichlorvos	<0.04	µg/L
Diuron	<0.2	µg/L
Epte	<0.02	µg/L
Mévinphos	<0.04	µg/L
Butylate	<0.02	µg/L
Tébuthiuron	<0.2	µg/L
Dééthyle simazine	TRA	
Dééthyle atrazine	0.09	µg/L
Trifluraline	<0.06	µg/L
Phorate	<0.04	µg/L
Diméthoate	<0.03	µg/L
Simazine	<0.02	µg/L
Carbofurane	<0.04	µg/L
Atrazine	0.10	µg/L
Terbufos	<0.05	µg/L
Fonofos	<0.02	µg/L
Diazinon	<0.02	µg/L
Disulfoton	<0.03	µg/L
Chlorothalonil	<0.06	µg/L
Métribuzine	<0.04	µg/L

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52096

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Méthyle parathion	<0.03	µg/L
Carbaryl	<0.03	µg/L
Chloroxuron	<0.09	µg/L
Fénitrothion	<0.04	µg/L
Linuron	<0.08	µg/L
Cyanazine	<0.04	µg/L
Malathion	<0.02	µg/L
Métolachlore	0.03	µg/L
Chlorpyrifos	<0.03	µg/L
Éthyle parathion	<0.06	µg/L
Chlorfenvinphos	<0.06	µg/L
Azinphos-méthyl	<0.08	µg/L
Phosalone	<0.03	µg/L

PROJET DE LABO. NO: 193-95.

TRA: Traces

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT EMIS LE : 95/08/28

NATHALIE DASSYLVA, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse
de la qualité du milieu

2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52097

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Préleveur
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/14
DATE DE RECEPTION: 95/06/16
ENDROIT: Eau du robinet, St-Hyacinthe
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 0.5 COUT (\$): 25.00 BOUTEILLE NO.: 09

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Triazines par immunoessai	0.14	µg/L

PROJET DE LABO. NO: 193-95.

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT PARTIEL

RAPPORT EMIS LE : 95/07/12

MARC GIGNAC, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse de
la qualité du milieu

2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52097

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Préleveur
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/14
DATE DE RECEPTION: 95/06/16
ENDROIT PRELEVEMENT: Eau du robinet, St-Hyacinthe
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 5.66 COUT (\$): 249.00 BOUTEILLE NO.: 09

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Pesticides organophosphorés, triazines et autres		
Dichlorvos	<0.04	µg/L
Diuron	<0.2	µg/L
Eptc	<0.02	µg/L
Mévinphos	<0.04	µg/L
-		
Butylate	<0.02	µg/L
Tébuthiuron	<0.2	µg/L
Dééthyle simazine	0.03	µg/L
Dééthyle atrazine	0.10	µg/L
Trifluraline	<0.06	µg/L
Phorate	<0.04	µg/L
Diméthoate	<0.03	µg/L
Simazine	<0.02	µg/L
Carbofurane	<0.04	µg/L
Atrazine	0.12	µg/L
Terbufos	<0.05	µg/L
Fonofos	<0.02	µg/L
Diazinon	<0.02	µg/L
Disulfoton	<0.03	µg/L
Chlorothalonil	<0.06	µg/L
Métribuzine	<0.04	µg/L

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52097

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Méthyle parathion	<0.03	µg/L
Carbaryl	<0.03	µg/L
Chloroxuron	<0.09	µg/L
Fénitrothion	<0.04	µg/L
Linuron	<0.08	µg/L
Cyanazine	<0.04	µg/L
Malathion	<0.02	µg/L
Métolachlore	0.03	µg/L
Chlorpyrifos	<0.03	µg/L
Éthyle parathion	<0.06	µg/L
Chlorfenvinphos	<0.06	µg/L
Azinphos-méthyl	<0.08	µg/L
Phosalone	<0.03	µg/L

PROJET DE LABO. NO: 193-95.

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT EMIS LE : 95/08/28

NATHALIE DASSYLVA, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse
de la qualité du milieu
2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52098

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Julie Clément
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/14
DATE DE RECEPTION: 95/06/16
ENDROIT: rue de Bordeaux, Mtl. H2K 3Y8
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 0.5 COUT (\$): 25.00 BOUTEILLE NO.: 13

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Triazines par immunoessai	<0.04	µg/L

PROJET DE LABO. NO: 193-95.

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT PARTIEL

RAPPORT EMIS LE : 95/07/12

MARC GIGNAC, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse de
la qualité du milieu

2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52098

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Julie Clément
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/14
DATE DE RECEPTION: 95/06/16
ENDROIT PRELEVEMENT: rue de Bordeaux, Mtl. H2K 3Y8
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 5.66 COUT (\$): 249.00 BOUTEILLE NO.: 13

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Pesticides organophosphorés, triazines et autres		
Dichlorvos	<0.04	µg/L
Diuron	<0.2	µg/L
Eptc	<0.02	µg/L
Mévinphos	<0.04	µg/L
Butylate	<0.02	µg/L
Tébutiuron	<0.2	µg/L
Dééthyle simazine	<0.03	µg/L
Dééthyle atrazine	<0.03	µg/L
Trifluraline	<0.06	µg/L
Phorate	<0.04	µg/L
Diméthoate	<0.03	µg/L
Simazine	<0.02	µg/L
Carbofurane	<0.04	µg/L
Atrazine	<0.04	µg/L
Terbufos	<0.05	µg/L
Fonofos	<0.02	µg/L
Diazinon	<0.02	µg/L
Disulfoton	<0.03	µg/L
Chlorothalonil	<0.06	µg/L
Métribuzine	<0.04	µg/L

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52098

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Méthyle parathion	<0.03	µg/L
Carbaryl	<0.03	µg/L
Chloroxuron	<0.09	µg/L
Fénitrothion	<0.04	µg/L
Linuron	<0.08	µg/L
Cyanazine	<0.04	µg/L
Malathion	<0.02	µg/L
Métolachlore	<0.02	µg/L
Chlorpyrifos	<0.03	µg/L
Éthyle parathion	<0.06	µg/L
Chlorfenvinphos	<0.06	µg/L
Azinphos-méthyl	<0.08	µg/L
Phosalone	<0.03	µg/L

PROJET DE LABO. NO: 193-95.

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT EMIS LE : 95/08/28

NATHALIE DASSYLVA, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse
de la qualité du milieu
2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52458

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Gilles Lequin
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/21
DATE DE RECEPTION: 95/06/22
ENDROIT: Eau brute, usine de filtration de Farnham
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 0.5 COUT (\$): 25.00 BOUTEILLE NO.: 1

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Triazines par immunoessai	0.14	µg/L

PROJET DE LABO. NO: 217-95.

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT PARTIEL

RAPPORT EMIS LE : 95/07/14

MARC GIGNAC, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse de
la qualité du milieu

2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52458

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Gilles Lequin
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/21
DATE DE RECEPTION: 95/06/22
ENDROIT PRELEVEMENT: Eau brute, usine de filtration de Farnham
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 5.66 COUT (\$): 249.00 BOUTEILLE NO.: 1

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Pesticides organophosphorés, triazines et autres		
Dichlorvos	<0.04	µg/L
Diuron	<0.2	µg/L
Epte	<0.02	µg/L
Mévinphos	<0.04	µg/L
Butylate	<0.02	µg/L
Tébutiuron	<0.2	µg/L
Dééthyle simazine	<0.03	µg/L
Dééthyle atrazine	TRA	
Trifluraline	<0.06	µg/L
Phorate	<0.04	µg/L
Diméthoate	<0.03	µg/L
Simazine	<0.02	µg/L
Carbofurane	<0.04	µg/L
Atrazine	0.11	µg/L
Terbufos	<0.05	µg/L
Fonofos	<0.02	µg/L
Diazinon	<0.02	µg/L
Disulfoton	<0.03	µg/L
Chlorothalonil	<0.06	µg/L
Métribuzine	<0.04	µg/L

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52458

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Méthyle parathion	<0.03	µg/L
Carbaryle	<0.03	µg/L
Chloroxuron	<0.09	µg/L
Fénitrothion	<0.04	µg/L
Linuron	<0.08	µg/L
Cyanazine	<0.04	µg/L
Malathion	<0.02	µg/L
Métolachlore	0.07	µg/L
Chlorpyrifos	<0.03	µg/L
Éthyle parathion	<0.06	µg/L
Chlorfenvinphos	<0.06	µg/L
Azinphos-méthyl	<0.08	µg/L
Phosalone	<0.03	µg/L

Projet de labo. no: 217-95

TRA: Traces

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT EMIS LE : 95/09/06

NATHALIE DASSYLVA, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse
de la qualité du milieu

2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52459

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
PROJET: Direction des politiques du secteur municipal
RESPONSABLE: Triazines immuno-essais
PRELEVEUR: Hélène Tremblay
DATE DE PRELEVEMENT: Gilles Lequin
DATE DE RECEPTION: 95/06/21
ENDROIT: 95/06/22
NATURE: Eau traitée, usine de filtration de Farnham
TEMPS (hre): Eau potable
0.5 COUT (\$): 25.00 BOUTEILLE NO.: 2

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Triazines par immunoessai	0.15	µg/L

PROJET DE LABO. NO: 217-95.

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT PARTIEL

RAPPORT EMIS LE : 95/07/14

MARC GIGNAC, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse de
la qualité du milieu

2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52459

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Gilles Lequin
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/21
DATE DE RECEPTION: 95/06/22
ENDROIT PRELEVEMENT: Eau traitée, usine de filtration de Farnham
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 5.66 COUT (\$): 249.00 BOUTEILLE NO.: 2

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Pesticides organophosphorés, triazines et autres		
Dichlorvos	<0.04	µg/L
Diuron	<0.2	µg/L
Eptc	<0.02	µg/L
Mévinphos	<0.04	µg/L
Butylate	<0.02	µg/L
Tébutiuron	<0.2	µg/L
Dééthyle simazine	<0.03	µg/L
Dééthyle atrazine	0.03	µg/L
Trifluraline	<0.06	µg/L
Phorate	<0.04	µg/L
Diméthoate	<0.03	µg/L
Simazine	<0.02	µg/L
Carbofurane	<0.04	µg/L
Atrazine	0.12	µg/L
Terbufos	<0.05	µg/L
Fonofos	<0.02	µg/L
Diazinon	<0.02	µg/L
Disulfoton	<0.03	µg/L
Chlorothalonil	<0.06	µg/L
Métribuzine	<0.04	µg/L

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52459

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Méthyle parathion	<0.03	µg/L
Carbaryl	<0.03	µg/L
Chloroxuron	<0.09	µg/L
Fénitrothion	<0.04	µg/L
Linuron	<0.08	µg/L
Cyanazine	<0.04	µg/L
Malathion	<0.02	µg/L
Métolachlore	0.08	µg/L
Chlorpyrifos	<0.03	µg/L
Éthyle parathion	<0.06	µg/L
Chlorfenvinphos	<0.06	µg/L
Azinphos-méthyl	<0.08	µg/L
Phosalone	<0.03	µg/L

Projet de labo. no: 217-95

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT EMIS LE : 95/09/06

NATHALIE DASSYLVA, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse
de la qualité du milieu
2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES.

NUMERO DE LABORATOIRE: 52463

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Gérard Choquette
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/21
DATE DE RECEPTION: 95/06/22
ENDROIT: Gauthier, Farnham, J2N 1Y9
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 0.5 COUT (\$): 25.00 BOUTEILLE NO.: 04

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Triazines par immunoessai	0.09	µg/L

PROJET DE LABO. NO: 219-95.

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT PARTIEL

RAPPORT EMIS LE : 95/07/18

MARC GIGNAC, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse de
la qualité du milieu

2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52463

CLIENT: Serv. ass. des eaux et trait. des eaux de consommation
PROJET: Direction des politiques du secteur municipal
RESPONSABLE: Triazines immuno-essais
PRELEVEUR: Hélène Tremblay
DATE DE PRELEVEMENT: Gérard Choquette
DATE DE RECEPTION: 95/06/21
ENDROIT PRELEVEMENT: 95/06/22
NATURE: Gauthier, Farnham, J2N 1Y9
TEMPS (hre): Eau potable
5.66 COUT (\$): 249.00 BOUTEILLE NO.: 04

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Pesticides organophosphorés, triazines et autres		
Dichlorvos	<0.04	µg/L
Diuron	<0.2	µg/L
Eptc	<0.02	µg/L
Mévinphos	<0.04	µg/L
Butylate	<0.02	µg/L
Tébutiuron	<0.2	µg/L
Dééthyle simazine	<0.03	µg/L
Dééthyle atrazine	0.03	µg/L
Trifluraline	<0.06	µg/L
Phorate	<0.04	µg/L
Diméthoate	<0.03	µg/L
Simazine	<0.02	µg/L
Carbofurane	<0.04	µg/L
Atrazine	0.13	µg/L
Terbufos	<0.05	µg/L
Fonofos	<0.02	µg/L
Diazinon	<0.02	µg/L
Disulfoton	<0.03	µg/L
Chlorothalonil	<0.06	µg/L
Métribuzine	<0.04	µg/L

29 AVR 1997

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52463

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Méthyle parathion	<0.03	µg/L
Carbaryl	<0.03	µg/L
Chloroxuron	<0.09	µg/L
Fénitrothion	<0.04	µg/L
Linuron	<0.08	µg/L
Cyanazine	<0.04	µg/L
Malathion	<0.02	µg/L
Métolachlore	0.09	µg/L
Chlorpyrifos	<0.03	µg/L
Éthyle parathion	<0.06	µg/L
Chlorfenvinphos	<0.06	µg/L
Azinphos-méthyl	<0.08	µg/L
Phosalone	<0.03	µg/L

Projet de labo. no: 219-95

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT EMIS LE : 95/09/06

NATHALIE DASSYLVA, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse
de la qualité du milieu
2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52001

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Ginette Bernard
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/14
DATE DE RECEPTION: 95/06/15
ENDROIT: Eau brute, usine de filtration de St-Hyacinthe
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 0.5 COUT (\$): 25.00 BOUTEILLE NO.: 1

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Triazines par immunoessai	0.23	µg/L

PROJET DE LABO. NO: 185-95.



J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT PARTIEL

RAPPORT EMIS LE : 95/07/11

MARC GIGNAC, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse de
la qualité du milieu
2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52001

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Ginette Bernard
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/14
DATE DE RECEPTION: 95/06/15
ENDROIT PRELEVEMENT: Eau brute, usine de filtration de St-Hyacinthe
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 5.66 COUT (\$): 249.00 BOUTEILLE NO.: 1

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Pesticides organophosphorés, triazines et autres		
Dichlorvos	<0.04	µg/L
Diuron	<0.2	µg/L
Eptc	<0.02	µg/L
Mévinphos	<0.04	µg/L
Butylate	<0.02	µg/L
Tébutiuron	<0.2	µg/L
Dééthyle simazine	0.03	µg/L
Dééthyle atrazine	0.05	µg/L
Trifluraline	<0.06	µg/L
Phorate	<0.04	µg/L
Diméthoate	<0.03	µg/L
Simazine	0.80	µg/L
Carbofurane	<0.04	µg/L
Atrazine	0.23	µg/L
Terbufos	<0.05	µg/L
Fonofos	<0.02	µg/L
Diazinon	<0.02	µg/L
Disulfoton	<0.03	µg/L
Chlorothalonil	<0.06	µg/L
Métribuzine	<0.04	µg/L

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52001

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Méthyle parathion	<0.03	µg/L
Carbaryle	<0.03	µg/L
Chloroxuron	<0.09	µg/L
Fénitrothion	<0.04	µg/L
Linuron	<0.08	µg/L
Cyanazine	TRA	
Malathion	<0.02	µg/L
Métolachlore	0.16	µg/L
Chlorpyrifos	<0.03	µg/L
Éthyle parathion	<0.06	µg/L
Chlorfenvinphos	<0.06	µg/L
Azinphos-méthyl	<0.08	µg/L
Phosalone	<0.03	µg/L

PROJET DE LABO. NO: 185-95.

TRA: Traces

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT EMIS LE : 95/08/15

NATHALIE DASSYLVA, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse
de la qualité du milieu
2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES.

NUMERO DE LABORATOIRE: 52002

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Ginette Bernard
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/14
DATE DE RECEPTION: 95/06/15
ENDROIT: Eau traitée, usine de filtration de St-Hyacinthe
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 0.5 COUT (\$): 25.00 BOUTEILLE NO.: 2

PARAMETRE (S)	RÉSULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Triazines par immunoessai	0.07	µg/L

PROJET DE LABO. NO: 185-95.

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT PARTIEL

RAPPORT EMIS LE : 95/07/11

MARC GIGNAC, CHIMISTE

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction des laboratoires

Service de l'analyse de
la qualité du milieu

2700, Rue Einstein
Ste-Foy, (Québec), G1P 3W8
(418) 643-8225

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52094

CLIENT: Serv.ass.des eaux et trait.des eaux de consommation
Direction des politiques du secteur municipal
PROJET: Triazines immuno-essais
RESPONSABLE: Hélène Tremblay
PRELEVEUR: Ghislain Choquette
DATE DE PRELEVEMENT: 95/06/14
DATE DE RECEPTION: 95/06/16
ENDROIT PRELEVEMENT: Gauthier, Farnham, J2N 1Y9
NATURE: Eau potable
TEMPS (hre): 5.66 COUT (\$): 249.00 BOUTEILLE NO.: 03

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESUR
Pesticides organophosphorés, triazines et autres		
Dichlorvos	<0.04	µg/L
Diuron	<0.2	µg/L
Epte	<0.02	µg/L
Mévinphos	<0.04	µg/L
Butylate	<0.02	µg/L
Tébutiuron	<0.2	µg/L
Dééthyle simazine	<0.03	µg/L
Dééthyle atrazine	0.03	µg/L
Trifluraline	<0.06	µg/L
Phorate	<0.04	µg/L
Diméthoate	<0.03	µg/L
Simazine	<0.02	µg/L
Carbofurane	<0.04	µg/L
Atrazine	0.17	µg/L
Terbufos	<0.05	µg/L
Fonofos	<0.02	µg/L
Diazinon	0.002	µg/L
Dimulfoton	0.001	µg/L
Chlorothalonil	0.006	µg/L
Métribuzine	0.004	µg/L

RAPPORT D'ANALYSE
MICROPOLLUANTS ET PESTICIDES

NUMERO DE LABORATOIRE: 52094

PARAMETRE (S)	RESULTAT (S)	UNITE DE MESURE
Méthyle parathion	<0.03	µg/L
Carbaryle	<0.03	µg/L
Chloroxuron	<0.09	µg/L
Fénitrothion	<0.04	µg/L
Linuron	<0.08	µg/L
Cyanazine	<0.04	µg/L
Malathion	<0.02	µg/L
Métolachlore	0.15	µg/L
Chlorpyrifos	<0.03	µg/L
Éthyle parathion	<0.06	µg/L
Chlorfenvinphos	<0.06	µg/L
Azinphos-méthyl	<0.08	µg/L
Phosalone	<0.03	µg/L

PROJET DE LABO. NO: 193-95.

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

RAPPORT EMIS LE : 95/08/28

NATHALIE DASSYLVA, CHIMISTE

BIBLIOGRAPHIE

- ADAMS, N.H., LEVI P.E. et HODGSON, E. (1990). *In vitro* studies of the metabolism of atrazine, simazine and terbutryn in several vertebrate species. J. Agric. Food Chem., 38: 1411-1417.
- AYOTTE, P. et LARUE, M. (1990). Micropolluants organiques, Campagnes d'échantillonnage printemps/été 1987 et hiver 1988. Rapport de service non-publié pour le Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Direction des écosystèmes urbains, 1-178.
- BAKKE, J.E., LARSON, J.D. et PRICE, C.E. (1972). Metabolism of atrazine and 2-hydroxyatrazine by the rat. J. Agric. Food Chem., 20: 602-607.
- BASHMURIN, A.F.(1974). Toxicity of Atrazine for animals Sb. Rab. Leningr. Vet. Inst. 36:5-7.
- BERRYMAN, D. et GIROUX,I. (1994). La contamination des cours d'eau par les pesticides dans les régions de culture intensive de maïs au Québec; Campagnes d'échantillonnage de 1992 et 1993, ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Direction des écosystèmes aquatiques, Envirodoq #EN940594, rapport n° PES-4, 134 pages, 5 annexes.
- BOGDANFFY, M.S. (1990). Combined Chronic toxicity: oncogenicity with cyanazine in rats. Laboratoire Haskell; Environ. Health Perspect., 85: 177-186.
- BÖHME, C. et BÄR, F. (1967). The transformation of triazine herbicides in the animal organism (Ger.). Food Cosmet. Toxicol., 5: 23-28.
- BRADWAY, D.E. et MOSEMAN, R.F. (1982). Determination of urinary residue levels of the n-dealkyl metabolites of triazine herbicides. J. Agric.Food Chem., 30: 244-247.
- BROWN, L.M., BLAIR, A., GIBSON, R., EVERETT, G.D., CANTOR, K.P., SCHUMAN, L.M., BURMEISTER, L.F., VANLIER, S.F. et DICK., F. (1990). Pesticide exposures and other agricultural risk factors for leukemia among men in Iowa and Minnesota. Cancer Res., 50: 6585-6591.
- BUREAU DE LA STATISTIQUE DU QUÉBEC (1992). Statistiques de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation, Éd. 1992, 202 pages.

- BUTTLE, J.M. et HARRIS, B.J. (1991). Hydrological pathways of metolachlor export from agricultural watershed. *Water Air Soil Pollut.*, 60: 315-335.
- CANTOR, K., EVERETT, G., BLAIR, A., GIBSON, R., SCHUMAN, L. et ISACSON, P. (1985). Farming and non-Hodgkin's lymphoma (Abstract). *Am. J. Epidemiology*, 122: 535.
- CATENACCI, G., MARONI, M., COTTICA, D. et POZZOLI, L. (1990). Assessment of human exposure to triazine through the determination of free atrazine in urine. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 4: 1-7.
- CCMRE (1987). Recommandations pour la qualité des eaux au Canada. Conseil canadien des ministres des Ressources de l'Environnement. Dans Berryman, D. et Giroux, I. (Eds.), La contamination des cours d'eau par les pesticides dans les régions de culture intensive du maïs au Québec (p.15). Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, Envirodoq No EN940594, rapport No PES-4.
- CIBA-GEIGY (1983). Excretion rate of ^{14}C -atrazine from dermally dosed rats. Rapport No. ABR-83081. Accession No. 255815. Octobre. Greensboro, NC: Compagnie Ciba-Geigy .
- CIBA-GEIGY (1986). Twenty-four mounth combined chronic oral toxicity and oncogenicity in rats utilizing atrazine technical by American Biogenic Corp. Étude No. 410-1102. Accession Nos. 262714-262727.
- CIBA-GEIGY (1987). Briefing paper on atrazine. December 1986. Analysis of chronic rat feeding study results. Greensboro, NC: Compagnie Ciba-Geigy .
- CIBA-GEIGY (1987). Atrazine technical 91-week oral carcinogenicity study in mice. Étude No. 842120. MRID 404313-02.
- CIBA-GEIGY (1987). Atrazine technical 52-week oral feeding in dogs. Étude No. 85200 et rapport pathologique No. 7048. MRID 404313-01.
- COMITÉ FÉDÉRAL-PROVINCIAL DE L'HYGIÈNE DU MILIEU AQUATIQUE ET DU TRAVAIL (1993). Atrazine, Avant-projet. Dans Berryman, D. et Giroux, I. (Eds.), La contamination des cours d'eau par les pesticides dans les régions de culture intensive du maïs au Québec (p.14). Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, Envirodoq No EN940594, rapport No PES-4.

- DAUTERMAN, W.C. et MUECKE, W. (1974). *In vitro* metabolism of atrazine by rat liver. *Pest. Biochem. Physiol.*, 4: 212-219.
- DENOYELLES, F., KETTLE, W.D. et SINN, D.E. (1982). The response of plankton communities in experimental ponds to atrazine, the most heavily used pesticide in the United-States. *Ecology*, 63: 1285-1293.
- DONNA, A., BETTA, P.G., GAGLIARDI, F., GHIAZZA, G.F., GALLARETO, M. et GABUTTU, U. (1981). Preliminary experimental contribution to the study of possible carcinogenic activity of two herbicides containing atrazine-simazine and trifluralin as active principles. *Pathologica*, 73: 707-721.
- DONNA, A., BETTA, P.-G., ROBUTTI, F., CROSIGNANI, P., BERRINO, F. et BELLINGERI, D. (1984). Ovarian mesothelial tumors and herbicides: a case-control study. *Carcinogenesis*, 5: 941-942.
- DONNA, A., BETTA, P.G., ROBUTTI, F. et BELLINGERI, D. (1986). Carcinogenicity testing of atrazine: preliminary report on a 13-month study on male Swiss albino mice treated by intraperitoneal administration. *Med.Law.*, 8: 119-121.
- DONNA, A., CROSIGNANI, P., ROBUTTI, F., BETTA, P.G., BOCCA, R., MARIANI, N., FERRARIO, F., FISSI, R. et BERRINO, F. (1989). Triazine herbicides and ovarian epithelial neoplasms. *Scand. J. Work Environ. Health*, 15: 47-53.
- DUCHESNE, L. (1994). Statistiques démographiques. La situation démographique au Québec. Bureau de la statistique du Québec, 225 pages.
- DUROCHER, G. (1986). Portrait détaillé de la problématique de l'eau de consommation de la Montérégie - Territoire du département de santé communautaire du centre hospitalier Honoré-Mercier Inc. , 3: 1-61.
- ERICKSON, M.-D., FRANK, C.-W. et MORGAN, D.-P. (1979). Determination of p-triazine herbicide residues in urine: Studies of excretion and metabolism in swine as a model to human metabolism. *J. Agric. Food Chem.*, 27: 743-746.
- FRANK, R., CLEGG, B.S., SHERMAN, C. et CHAPMAN, N.D. (1990). Triazine and Chloroacetamide Herbicides in Sydenham River Water and Municipal Drinking Water, Dresden, Ontario, Canada, 1981-1987. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 19:319-324.

- FORREST, S. et CAUX, P.Y. (1990). Pesticides in tributaries of the St-Laurence River 1987-1988-Program Report, Centre Saint-Laurent, Environnement Canada. Dans Berryman, D. et Giroux, I. (Eds.), La contamination des cours d'eau par les pesticides dans les régions de culture intensive du maïs au Québec (p.40). Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, Envirodoq No EN940594, rapport No PES-4.
- GAINES, T.B. et LINDER, R.E. (1986). Acute toxicity of pesticides in adult and weanling rats. *Fundam. Appl. Toxicol.*, 7:299-308.
- GAUDREAU, D., LÉONARD, C., MASSON, É., MERCIER, M. (1994). Portrait de la qualité de l'eau souterraine en Montérégie. Direction régionale de la santé publique en Montérégie, Santé environnementale, 45 pages et 5 annexes. DRSP, document non-publié, version 3.
- GODON, D., LAJOIE, P. et NADEAU, D. (1987). Atlas de l'utilisation des pesticides en agriculture au Québec en 1978, 1981 et 1982. Département de santé communautaire du Centre Hospitalier de l'Université Laval, 44 pages, ISBN: 2980081019.
- GODON, D., LAJOIE, P., THOUEZ, J-P. et NADEAU, D. (1989). Pesticides et cancers en milieu rural agricole au Québec: Interprétation géographique. *Soc.Sci. Med.*, 7: 819-833.
- GOJMERAC, T. et KNIEWALD, J. (1989). Atrazine biodegradation in rats - A model for mammalian metabolism. *Bull. Environ Contam. Toxicol.*, 43: 199-206.
- GORSE, I. (1995). Bilan des ventes de pesticides au Québec en 1992. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Direction des politiques des secteurs agricole et naturel, Envirodoq #EN950037, rapport n° PES-5/1, 33 pages, 9 annexes.
- GZHEGOTSKIY, M.I., SHKLIARUK, L.U., et DYCHOK, L.A. (1977). Toxicological characteristics of the herbicide Zeazin Wrach. *Delo*, 5: 133-136.
- HAITH, D.A. (1987). Extreme event analysis of pesticide loads to surface waters. *Journal WPCF*, 59: 284-288.
- HAUSWIRTH, J.W. (1988). Summary on some atrazine toxicity studies submitted by Ciba-Geigy (including Metabolism Studies Nos. ABR-87116, 87048, 87087, 85104, 87115 and AG-520). Memo from U.S. USEPA, Office of Pesticide Programs.

- HAZELTON LABORATORIES (1961). Two-year chronic feeding study in rats. CBI. Document No. 000525. MRID 0059211, PA.
- HUBER, W. (1993). Ecological Relevance of Atrazine in Aquatic Systems. *Environ. Toxicol. and Chem.*, 12: 1865-1881.
- IARC (1991). Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Occupational Exposures in Insecticide Application, and Some Pesticides. International Agency for research on cancer. World Health Organization, 53: 620.
- IKONEN, R., KANGAS, J. et SAVOLAINEN, H. (1988). Urinary atrazine metabolites as indicators for rat and human exposure to atrazine. *Toxicology Letters*, 44: 109-112.
- INNES, J.R.M., ULLAND, B.M. et VALERIO, M.G. (1969). Bioassay of pesticides and industrial chemicals for tumorigenicity in mice: a preliminary note. *J. Natl. Cancer Inst.*, 42: 1101-1114.
- JANZOWSKI, C., KLEIN, R. et PREUSSMANN, R. (1980). Formation of N-nitroso compounds of the pesticides atrazine, simazine and carbaryl with nitrogen oxides. Dans: WALKER, E.A., GRICIUTE, L., CASTEGNARO, M. ET BÖRZSÖNYI, M., eds, *N-Nitroso Compounds: Analysis, Formation and Occurrence* (IARC Scientific Publications No. 31), Lyon, IARC, 329-339.
- KEARNEY, P.C., OLIVER, J.E., HELLING, C.S., ISENSEE, A.R. et KONSTON, A. (1977). Distribution, movement, persistence and metabolism of N-nitrosoatrazine in soils and a model aquatic system. *J. Agric. Food Chem.*, 25: 1177-1181.
- KHAN, S.U. et FOSTER, T.S. (1976). Residues of atrazine (2-chloro-4-ethyl-amino-6-isopropylamino-s-triazine) and its metabolites in chicken tissues. *J. Agric. Food Chem.*, 24: 768-771.
- LAMPERT, W. (1987). Subletale Wirkungen auf Biozoonosen, in K. Lillelund, U. de Haar, E.-J. Eltser, L. Karbe, I. Schoweerbel and W. Simonis, eds., *Bioakkumulation in Nahrungsketten*, Verlag Chemie, Weinheim, West Germany, 145-1551.
- LUCAS, A.-D., JONES A.-D., GOODROW, M.-H., SAIZ, S.-G., BLEWETT, C., SEIBER, J.-M. et HAMMOCK, B.-D. (1993). Determination of atrazine metabolites in human urine: development of a biomarker of exposure. *Chem. Res. Toxicol.*, 6: 107-116.

- LUKE, M.A., MASUMOTO, M.T., CAIRNS, T. et HUNDLEY, H.K. (1988). Levels and incidences of pesticide residues in various foods and animals feeds analyzed by the Luke multiresidue methodology for fiscal years 1982-1986. J. Assoc. off. anl. Chem., 71: 415-420.
- MAYHEW, D.A., TAYLOR, G.D., SMITH, S.H., et BANAS, D.A. (1986). Twenty-four Month Combined Chronic Oral Toxicity and Oncogenicity Study in Rats Utilizing Atrazine technical. Conducted by American Biogenics Corporation for Ciba-Geigy Corp. Étude No.410-1102. Accession No. 262714-262727.
- MCCORNICK, C.C. et ARTHUR, A.T. (1988). Simazine-Technical: 104- Week Oral Chronic Toxicity and Carcinogenicity Study in Rats. MRID Number: 40614405. Study Number: 2-001109. Division Pharmaceutique, Compagnie Ciba-Geigy .
- MENVIQ (1990). Critère de qualité de l'eau. Ministère de l'Environnement du Québec, Direction de la qualité des cours d'eau, Service d'évaluation des rejets toxiques, Québec. Dans Berryman, D. et Giroux, I. (Eds.), La contamination des cours d'eau par les pesticides dans les régions de culture intensive du maïs au Québec (p.36). Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, Envirodoq No EN940594, rapport No PES-4.
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION DU QUÉBEC (1993). Stratégie phytosanitaire - Profil sectoriel - Maïs. Rapport de service non-publié pour le Ministère de l'Agriculture, des pêcheries et de l'Alimentation du Québec par le comité de coordination de la stratégie phytosanitaire. 25 pages, 3 annexes.
- MOLNAR, V. (1971). Symptomatology and pathomorphology of experimental poisoning with atrazine. Rev. Med., 17: 271-274.
- MUNGER, R., ISACSON, P., KRAMER, M., HANSON, J., BURNS, T., CHERRYHOLMES, K., et HAUSLER, W. (1992). Birth defects and Pesticide Contaminated Water Supplies in Iowa. Presented at Society for Epidemiologic Research, Minneapolis, MN.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1977). Drinking Water and Health, vol 1. National Academy of Sciences, Washington, DC. Dans Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, Springer-Verlag New York.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1980). Drinking Water and Health, vol 3. National Academy of Sciences, Washington, DC. Dans Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, Springer-Verlag New York.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1983). Drinking Water and Health, vol 5. National Academy of Sciences, Washington, DC. Dans Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, Springer-Verlag New York.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1986). Drinking Water and Health, vol 6. National Academy of Sciences, Washington, DC. Dans Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, Springer-Verlag New York.
- NEGELE, R.D. (1989). Studie über die Kurz- und Langzeitwirkung von Atrazin auf Regenbogenforellen, Forschungsbericht an das Umweltbundesamt 116-08-07/02, Bayerische Landesanstalt für Wasserforschung, München, West Germany.
- PALMER, J.S. et RADELEFF, R.D. (1969). The toxicity of some organic herbicides to cattle, sheep and chickens. Rapport No. 106. États-Unis. Département de l'Agriculture, p. 1-26.
- PEREIRA, W.E. et ROSTAD, C.E. (1990). Occurrence, Distributions, and Transport of Herbicides and Their Degradation Products in the Lower Mississippi River and its Tributaries. Environmental Science Technology, 24: 1400-1406.
- PEREIRA, W.E. et HOSTETTLER, F.D. (1993). Nonpoint Source of contamination of the Mississippi River and Its Tributaries by Herbicides. Environmental Science Technology, 27: 1542-1552.
- PINTÉR, A., TÖRÖK, G., BÖRZSÖNYI, M., SURJÁN, A., CSIK, M., KELECSÉNYI, Z. et KOCSIS, Z. (1990). Long-term carcinogenicity bioassay of the herbicide atrazine in F344 rats. Neoplasma, 37: 533-544.
- PREMAZZI, G. et STECCHI, R. (1990). Evaluation of the impact of atrazine on the aquatic environment, EU 12569, Review, Commission of the European Communities, Brussels, Belgium.
- PRIMEAU, S. et GRIMARD, Y. (1989). Rivière Yamaska: 1975-1988, volume 1: Description du bassin versant et qualité du milieu aquatique; ministère de l'environnement du Québec, Direction de la qualité du milieu aquatique, Sainte-Foy, Rapport QE-66-1, Envirodoq #EN900060, 136 pages, 10 annexes.
- PROVENÇAL, P. et BELZILE D. (1992). Statistiques de l'agriculture des pêches et de l'alimentation, Bureau de la statistique du Québec, 202 pages.

- PURDY, J./ GLOBAL TOX (1994). Compte rendu du colloque sur l'atrazine 20 et 21 avril 1994-L'atrazine et l'environnement (p.45-56). Document non-publié de 128 pages distribué aux participants du colloque.
- RAMIREZ-TORREZ. A.M. et O'FLAHERTY (1976). Influence of pesticides on Chlorella, Chlorococcum, Stigeoclanium, Tribonema, Vaucheria and Oscillatoria, *Phycologia*, 15: 25-36.
- REKOLAINEN, S. (1987). Occurrence and leaching of pesticides in waters draining from agricultural land, dans: Organic micropolluants in the aquatic environment, Proceedings of the fifth symposium, Commission of the European communities, p.195-197.
- SAMUEL, O., GUILLOT J.-G., LEBLANC, A., PHANEUF, D. et WEBER, J.-P. (1991). Étude en pépinière de l'exposition professionnelle des travailleurs aux triazines. Centre de Toxicologie du Québec, étude réalisée pour le Ministère des ressources naturelles du Québec. SB952H48C46.
- S.N.B.S. (1993). Recommandation pour la qualité de l'eau potable au Canada, 5e édition, Santé et Bien-être social Canada, 24p.
- STATISTIQUE CANADA (1994). Profil des divisions et subdivisions de recensement du Québec, Partie B. Ottawa: Industrie, Science et Technologie Canada, Recensement du Canada de 1991. Numéro 95-326 au catalogue.
- STATISTIQUE CANADA. DIVISION DE L'AGRICULTURE (1992). Profil agricole du Québec. Partie 1. Ottawa: Industrie, Sciences et Technologie Canada. Recensement de l'agriculture de 1991. Numéro 95-335 au catalogue.
- STATISTIQUE CANADA. DIVISION DE L'AGRICULTURE (1992). Profil agricole du Québec. Partie 2. Ottawa: Industrie, Sciences et Technologie Canada. Recensement de l'agriculture de 1991. Numéro 95-336 au catalogue.
- SUMNER, D./ GLOBAL TOX (1994). Compte rendu du colloque sur l'atrazine 20 et 21 avril 1994-Atrazine: mise à jour toxicologique (mammifères) (p.23-43). Document non-publié de 128 pages distribué aux participants du colloque.
- THÉRIAULT, G. et DE GUIRE, L. (1982). Étude épidémiologique des leucémies sur le territoire du département de santé communautaire du centre hospitalier Honoré-Mercier inc. Département de Médecine sociale et préventive, Université Laval. Rapport de recherche réalisé en vertu d'un contrat entre le Département de santé communautaire du Centre hospitalier Honoré-Mercier Inc. et l'Université Laval. Québec, 235 pages.

- TIMCHALK, C., DRYZGA, M.D., LANGVARDT, P.W., KASTL, P.E. et OSBORNE, D.W. (1990). Determination of the effect of tridiphane on the pharmacokinetics of [^{14}C]- atrazine following oral administration to male Fischer 344 rats. *Toxicology*, 61: 27-40.
- TROTTER, D.M., BARIL, A., WONG, M.P. et KENT, R.A. (1990). Recommandations sur la qualité de l'eau pour l'atrazine au Canada, étude no 168, Série scientifique, Environnement Canada, Direction générale des eaux intérieures, Ottawa, Ontario. Étude No 168 et rapport No 0853246; 91H-02723.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1988). Memorandum from C.J. Nelson, Office of Pesticide Programs, Health Effects Division Atrazine - Updated Qualitative and Quantitative Risk Assessment from a Rat 2 - Year Chronic Oral Toxicity/Oncogenecity Study.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1989). Memorandum from Bernice Fisher, Office of Pesticide Programs, Health Effects Division. Simazine Quantitative Risk Assessment, Two Year Chronic/Oncogenicity Sprague-Dawley Rat Study.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1989). Memorandum from Marion P. Copley, Office of Pesticide Programs, Health Effects Division: ID 0808030: Atrazine; Reevaluation of Chronic Toxicity in the 1-year Dog study.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1993). Memorandum from Reto Engler, Office of Pesticide Programs, Health Effects Division. Cyanazine; Quantitative Estimate of Carcinogenic Risk: Oral Slope Factor.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1993). Drinking Water regulations and health advisories. May 1993. Office of Water, USEPA, Washington, DC.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1994). Atrazine, Simazine and Cyanazine; Notice of Initiation of Special Review. OPP -30000 - 60; FRL-4919-5.
- VEESER, A. (1990). Licht-und elektronenmikroskopische Untersuchungen zur Toxizität von Atrazin bei Regenbogenforellen (*Oncorhynchus mykiss*), Ph.D. thesis. Universität München, München, Germany.
- WAUCHOPE, R.D. (1978). The Pesticides Content of Surface Water Draining from Agricultural Fields - A Review. *J. Environ. Qual.*, 7: 459-472.

- WOLFE, N.L., ZEPP, R.G., GORDON, J.A. et FINCHER, R.C. (1976). N-Nitrosamine formation from atrazine. *Bull. environ. Contam. Toxicol.*, 15: 342-347.
- WOODARD RESEARCH CORPORATION (1964). Two-year feeding study in dogs. CBI. Document No. 000525. MRID 00059213.
- YODER, J., WATSON, M. et BENSON, W.W. (1973). Lymphocyte chromosome analysis of agricultural workers during extensive occupational exposure to pesticides, *Mutat. Res.*, 21: 335-340.
- ZAHM, S.H., BLAIR, A., HOLMES, F.F., BOYSEN, C., ROBEL, R.J., HOOVER, R. et FRAUMENI, J.F. (1986). Agricultural herbicide use and risk of lymphoma and soft-tissue sarcoma. *J. Am. Med. Ass.*, 256: 1141-1147.
- ZAHM, S.H., BLAIR, A., HOLMES, F.F., BOYSEN, C. et ROBEL, R.J. (1985). Herbicides and colon cancer (Letter to the Editor). *Lancet*, 1: 1277-1278.
- ZAHM, S.H., WEISENBURGER, D.D., BABBITT, P.A., SAAL, R.C., CANTOR, K.P. et BLAIR, A. (1988). A case-control study of non-Hodgkin's lymphoma and agricultural factors in eastern Nebraska (Abstract). *Am. J. Epidemiol.*, 128: 901.